



UNIVERSIDAD DE BURGOS

Programa de Doctorado «*Humanidades y Comunicación*»

TESIS DOCTORAL

**LOS NIVELES DE DETALLE EN LA RECONSTRUCCIÓN
VIRTUAL DE NÚCLEOS URBANOS HISTÓRICOS: ESTUDIO
DEL CASO DE VITORIA-GASTEIZ EN EL SIGLO XII.**

Autor:

Mario Alaguero Rodríguez

Directora:

Fátima Gil Gascón

Universidad de Burgos

2023

Resumen

Los núcleos urbanos forman parte de nuestro patrimonio cultural. Los lugares que habitamos evolucionan con el tiempo, experimentando una transformación que deja huellas perdurables hasta la actualidad, aunque a menudo se carece del contexto histórico necesario para que este patrimonio sea valorado y comprendido. Este hecho conlleva la necesidad de establecer estrategias de difusión que vayan en sintonía con las actuaciones en materia de protección legal y conservación con el fin de que la ciudadanía pueda comprender y, por lo tanto, valorar adecuadamente este legado.

La disciplina de la reconstrucción virtual del patrimonio busca cómo representar gráficamente artefactos, edificios y núcleos urbanos históricos. Esto facilita la comprensión del pasado, generando digitalmente el contexto necesario para la puesta en valor del patrimonio material. La literatura académica ha ido consolidando esta disciplina a partir de las aportaciones de investigadores de diferentes ramas de conocimiento, pero la transferencia de estos avances a la sociedad aún se está afianzando. La reconstrucción virtual de los núcleos urbanos tiene varios condicionantes: la financiación para su desarrollo, información para garantizar su rigor histórico y equipos de trabajo especializados, con conocimientos técnicos y teóricos específicos. Para ajustarse a estos condicionantes, una de las soluciones es la realización de estas reconstrucciones virtuales con diferentes niveles de detalle, esto es, generando imágenes que muestren los núcleos urbanos históricos con distintas resoluciones, desde la esquemática a la hiperrealista.

Esta tesis doctoral se centra en el análisis de la relación entre financiación, información, personal especializado y niveles de detalle. Se ha realizado un estado de la cuestión de la reconstrucción virtual del patrimonio en España para, a partir de los resultados, diseñar un análisis mixto, tanto cualitativo como cuantitativo que han sido la base para la propuesta de soluciones prácticas que sirvan para fomentar la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos. Para estos análisis se ha realizado un proyecto de reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz en el siglo XII en diferentes niveles de detalle como base para la investigación. Se ha diseñado una categorización de niveles de detalle específica para este ámbito, así como unas guías y un protocolo de toma de decisiones para facilitar la reproducción de estos proyectos.

Palabras clave: reconstrucción virtual del patrimonio, difusión del patrimonio, niveles de detalle.

Abstract

Urban areas are an integral part of our cultural heritage. The places we inhabit evolve over time, and this transformation leaves enduring traces that persist to the present day. However, we often lack the necessary historical context to comprehend and appreciate this heritage fully. This lack of context underscores the need for dissemination strategies that align with legal protection and conservation efforts, to ensure that the citizenry to understand and, consequently, properly value this legacy.

In recent decades, a discipline has emerged that seeks to graphically represent historical artifacts, buildings, and urban areas: the virtual reconstruction of heritage. This discipline facilitates an understanding of the past by digitally generating the necessary context for the enhancement of material heritage. Academic literature has gradually solidified this discipline through the contributions of researchers from several fields of knowledge, but the transfer of these developments to society is still far from being firmly established. Virtual reconstruction of these urban areas is contingent upon several factors: the availability of funding for its development, the access to enough information to ensure its historical accuracy, and the involvement of specialized teams with the specific technical and theoretical knowledge. A solution for these contingences involves the creation of virtual reconstructions with different levels of detail. This means the generation of images that depict historical urban areas with different resolutions, ranging from schematic to hyperrealistic.

The main objective of this PhD dissertation is to analyse the relationship between funding, information, human resources, and levels of detail through a combined methodology. A comprehensive review of the virtual reconstruction of heritage in Spain has been conducted, and a virtual reconstruction project of 12th century Vitoria-Gasteiz has been carried out from these results. This reconstruction has been used as a basis for a mixed qualitative and quantitative statistical analysis, from which practical solutions have been defined to promote the virtual reconstruction of historical urban areas. Specific categorization of levels of detail has been designed for virtual heritage reconstruction, along with guidelines and a decision-making protocol to facilitate the pre-production of these projects.

Keywords: virtual reconstruction, heritage dissemination, LODs.

Agradecimientos

Gracias Andrés por regalarme una profesión y una disciplina a las que dedicar mi vida. Gracias David, Samuel y Bruno por ser tan buenos compañeros de viaje, por vuestro tiempo y por vuestra paciencia. Mamá, papá, abuelita y Laura, gracias por vuestro apoyo incondicional y cariño. Gracias José Luis y Gonzalo por apostar por mí y enseñarme a comprender cómo funciona la Universidad. Gracias camaradas de ÍTACA y 3DUBU por vuestra ilusión y hacer que llegue todos los días a la Universidad con una sonrisa de oreja a oreja. Jon, Iñaki, José Luis e Ismael, gracias por vuestro compromiso y confianza, no solo por mí sino por todo nuestro equipo. Gracias a las compañeras y compañeros de área, departamento y toda la Universidad de Burgos, por todas las veces que en vez de darme los buenos días me habéis preguntado qué tal llevaba la tesis.

Fátima: me has convertido en un investigador. Gracias por tu sabiduría, tu cercanía y tu santa paciencia. No me puedo imaginar cómo sería mi vida académica sin tu apoyo.

Lo que viene a continuación es el resultado de la tenacidad y de la esperanza. Tanta gente ha confiado en que iba a acabar la tesis que me lo acabé creyendo yo mismo.

Esta tesis doctoral es tan vuestra como mía.

Mario Alaguero Rodríguez
Octubre de 2023

Índice

1.	Introducción	12
1.1	El patrimonio cultural.....	13
1.1.1	Concepto y contexto	13
1.1.2	El patrimonio urbano	16
1.1.3	El urbanismo y las edificaciones desaparecidas	18
1.2	La reconstrucción virtual del patrimonio	20
1.3	Situación legal de la difusión del patrimonio en España	22
1.3.1	Distribución de competencias en la gestión y difusión del patrimonio	23
1.4	Los niveles de detalle en la representación de entornos urbanos.....	28
2.	Objetivos e hipótesis.....	30
3.	Estado de la cuestión.....	33
3.1	La reconstrucción virtual del patrimonio: una disciplina emergente	33
3.1.1	Orígenes de la reconstrucción virtual del patrimonio	33
3.1.2	La reconstrucción virtual del patrimonio en la actualidad.....	36
3.1.3	Optimización de recursos.....	46
3.1.4	El nivel de detalle de los modelos 3D.....	49
3.2	La reconstrucción virtual de núcleos urbanos en España.....	56
3.2.1	Análisis de los proyectos de RVP de núcleos urbanos en España.....	56
3.2.2	Resultados del análisis	61
3.2.3	Síntesis del estado de la cuestión de la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos en España.....	96
4.	Metodología	105
4.1	Reconstrucción virtual con diferentes niveles de detalle	106

4.2	Metodología de investigación mixta	109
4.2.1	Las variables de investigación	111
4.2.2	Análisis cualitativo.....	116
4.2.3	Análisis cuantitativo.....	119
5.	Resultados.....	125
5.1	Desarrollo de la reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz en el siglo XII en dos niveles de detalle	125
5.1.1	Contexto: Vitoria-Gasteiz en el siglo XII	125
5.1.2	Reconstrucción virtual	126
5.2	Grupo focal.....	150
5.2.1	Resultados del grupo focal.....	152
5.2.2	Conclusiones del grupo focal.....	161
5.3	Análisis cuantitativo.....	168
5.3.1	Preguntas de cribado	169
5.3.2	Resultados del análisis cuantitativo	171
5.4	Aplicación de los niveles de detalle en reconstrucción virtual de núcleos urbanos según la tríada de condicionantes.....	191
5.4.1	Nivel de detalle 1: volúmenes simples.....	191
5.4.2	Nivel de detalle 2: modelado de baja resolución	195
5.4.3	Nivel de detalle 3: modelado de resolución media	197
5.4.4	Nivel de detalle 4: modelado de alta resolución	200
5.5	Adecuación del nivel o niveles de detalle a los requisitos de cada proyecto	202
5.5.1	Nivel de detalle según la tríada de condicionantes	202
5.5.2	Nivel de detalle según el tamaño, distancia y formato	204

6.	Conclusiones	210
6.1	Futuras líneas de investigación	220
7.	Referencias.....	223
8.	Anexos	239

Índice de tablas

Tabla 1. Recursos de información y su tipología.....	127
Tabla 2. Correlación entre niveles de detalle y tríada de condicionantes.	203
Tabla 3. Selección de nivel de detalle según tamaño, distancia y formato de visualización.....	208

Índice de figuras

Figura 1. Tipos de patrimonio y de representación del patrimonio, mostrando la conexión sobre la que se centra este estudio.....	12
Figura 2. Dos ejemplos de cómo se puede representar un entorno urbano en diferentes niveles de detalle.....	29
Figura 3. Esquema de la estructura de investigación de esta tesis doctoral.....	32
Figura 4. Propuesta metodológica 3D-OSSRW.....	43
Figura 5. Esquema de la estructura de investigación de esta tesis doctoral.....	44
Figura 6. Matriz extendida de cinco puntos.....	44
Figura 7. Esquema de clasificación de las fases de RVP.....	45
Figura 8. Ejemplo de dos reconstrucciones virtuales en dos niveles de detalle, con una ampliación (a la derecha) para mostrar la diferencia de resolución.	49
Figura 9. Reconstrucción virtual de la Legio VII (León) en el s.I y de la Catedral de Burgos en el s.XIX.....	52
Figura 10. Clasificación de CityGML de niveles de detalle en modelado de entornos urbanos..	54
Figura 11. Número de proyectos desarrollado cada año en España.	61
Figura 12. Periodización histórica de los proyectos registrados.....	62
Figura 13. Distribución de proyectos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos en España por provincias.	71
Figura 14. Comparación del número BICs declarados y de proyectos registrados por comunidades autónomas.	72
Figura 16. Modelado volumétrico de la ciudad de Burgos en el siglo XV.....	75
Figura 17. Modelado de baja resolución de la Legio VII Gemina, León, en el siglo I.....	76
Figura 18. Modelado de resolución media de la Villa de Briviesca en el siglo XIV.....	77

Figura 19. Modelado de alta resolución del Hospital de San Juan de Acre en el s.XIII, (La Rioja).	78
Figura 15. Modelo de la capilla de San Juan de Acre de Navarrete en el siglo XIII desarrollado en cuatro niveles de detalle para resaltar las diferencias	78
Figura 20. Frecuencia de cada nivel de detalle sobre el total del muestreo.....	79
Figura 21. Media del nivel de detalle por año, con línea de tendencia (en rojo).....	80
Figura 22. Número de proyectos por año según su nivel de detalle.	80
Figura 23. Número de proyectos por año según su nivel de detalle proyectando su frecuencia sobre el total de las reconstrucciones de cada año.....	81
Figura 24. Número total de proyectos con cada nivel de detalle por cada periodización histórica.	82
Figura 25. Número de proyectos por cada nivel de detalle en cada comunidad autónoma.	83
Figura 26. Ejemplos de las cuatro diferentes categorías de núcleos urbanos atendiendo a su tamaño.	85
Figura 27. Ejemplos de pequeños entornos. A la izquierda, sección reducida de un espacio urbano mayor. A la derecha, conjunto histórico con, al menos, tres edificios independientes.	85
Figura 28. Ejemplo de categoría de aldea.	87
Figura 29. Ejemplo de ciudad pequeña.	87
Figura 30. Ejemplo de categoría de ciudad grande.....	88
Figura 31. Distribución de los tamaños de las reconstrucciones virtuales sobre el total.....	88
Figura 32. Distribución del nivel de detalle según el tamaño de la reconstrucción virtual.	89
Figura 33. Distribución porcentual de cada uno de los formatos de visualización frente al total.	93
Figura 34. Distribución de proyectos por año según su formato de visualización.	94
Figura 35. Comparación de formato de visualización con nivel de detalle.....	95
Figura 36. Correlación entre condicionantes de proyectos de RVP y niveles de detalle.....	102
Figura 37. Fases de esta tesis doctoral.	106
Figura 38. Esquema de los dos tipos de análisis estadísticos realizados para este estudio.....	110
Figura 39. Proceso de modelado 3D de una de las viviendas identificadas en la planimetría....	128
Figura 40. Resultado de la fotogrametría del entorno de la futura reconstrucción virtual.	129
Figura 41. Toma de fotografías desde la torre (izquierda) y restos de la cripta de la Catedral de Santa María (derecha).	129

Figura 42. Toma de fotografías de fachadas en las provincias de Álava y Burgos.	130
Figura 43. Ilustración y maqueta sobre Vitoria-Gasteiz en el s.XII.	131
Figura 44. Reunión de trabajo para el planteamiento de la hipótesis de reconstrucción.	131
Figura 45. Boceto de la primera versión de uno de los encuadres.	132
Figura 46. Fotograma final del documental “Los orígenes de Vitoria-Gasteiz”.	133
Figura 47. Ubicación de los edificios singulares según la planimetría arqueológica e interpretación de su ubicación.	136
Figura 48. Detalle del nivel de modelado en la iglesia de Santa María (en construcción) y una sección de la muralla.	137
Figura 49. Detalle del nivel de modelado en la iglesia de Santa María a la altura de los ojos. ..	138
Figura 50. Detalle del modelado de los edificios singulares.	139
Figura 51. Proceso de modelado de las viviendas en nivel de detalle 3.	140
Figura 52. Los diez modelos de viviendas base que fueron modificados y repartidos por la zona ocupada por el caserío.	140
Figura 53. Comparación de niveles de detalle 3 y 4 en viviendas realizadas para el mismo proyecto.	141
Figura 54. Distribución de las viviendas a lo largo del cerro.	141
Figura 55. Distribución del caserío formando el trazado urbano.	142
Figura 56. Proceso de fotografiado de texturas en la localidad de Santa Inés (Burgos).	143
Figura 57. Muestra de miniaturas de varias de las fotografías realizadas para este proyecto. ...	143
Figura 58. Algunas de las texturas procesadas y su distribución en las viviendas a lo largo del núcleo urbano.	144
Figura 59. Iglesia, puerta de la muralla y algunas de las viviendas en nivel de detalle volumétrico.	145
Figura 60. Distribución similar de las texturas en ambos niveles de detalle.	146
Figura 61. Nivel de detalle 3 sin iluminación (izquierda) y con la iluminación crepuscular (derecha) que resalta los volúmenes.	146
Figura 62. Muestra de los resultados finales de ambas imágenes interpretadas por un filtro de desenfoque y otro de pixelado.	147
Figura 63. Participantes del grupo focal.	151
Figura 64. Correlación entre condicionantes de proyectos de RVP y niveles de detalle.	155

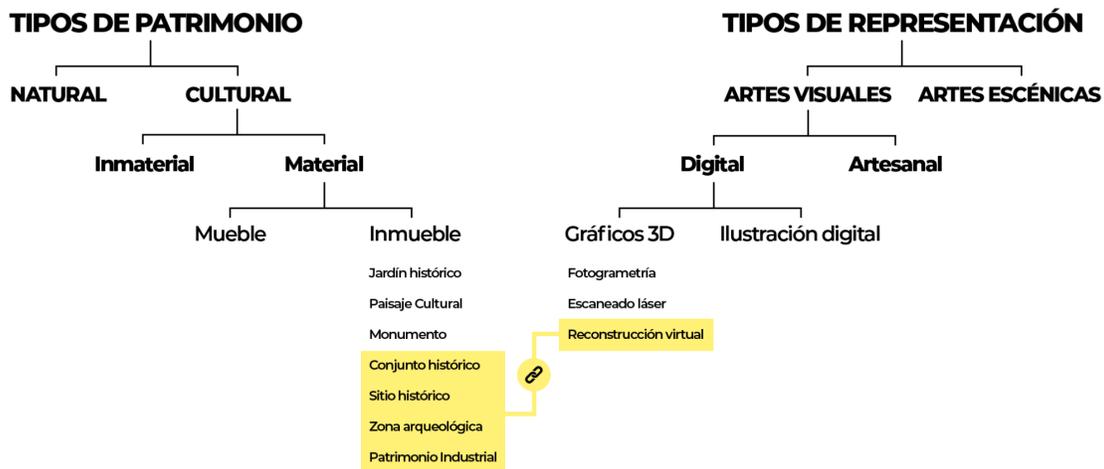
Figura 65. Participantes del grupo focal observando ambos niveles de detalle.....	159
Figura 66. Porcentaje de encuestas respondidas desde cada rango de edad.	169
Figura 67. Resultados de la cuestión “Conocimientos previos sobre historia medieval”.....	170
Figura 68. ¿Está relacionada su profesión u ocupación con el patrimonio histórico?.....	171
Figura 69. La segunda imagen es más detallada que la primera.....	172
Figura 70. La segunda imagen es más atractiva que la primera.	172
Figura 71. La segunda imagen es, históricamente, más rigurosa que la primera.	173
Figura 72. “La segunda imagen es, históricamente, más rigurosa que la primera” comparando profesionales y no profesionales del patrimonio cultural.	174
Figura 73. La segunda imagen ayuda a comprender mejor cómo era Vitoria-Gasteiz en la Edad Media.	175
Figura 74. La primera imagen tiene suficiente detalle como para utilizarse para divulgar el pasado.	176
Figura 75. ¿Merece la pena la diferencia en el coste teniendo en cuenta el resultado?.....	177
Figura 76.¿Merece la pena la diferencia en el coste teniendo en cuenta el resultado?” en azul y “La segunda imagen es más atractiva que la primera.” en rojo.	178
Figura 77. ¿Merece la pena la diferencia en el coste teniendo en cuenta el resultado?, mostrados en un porcentaje sobre el total de las valoraciones en cada subgrupo.	179
Figura 78. Comparativa entre “¿Merece la pena la diferencia en el coste teniendo en cuenta el resultado? (en azul) y “Estoy de acuerdo con realizar proyectos de reconstrucción virtual, aunque suponga un mayor coste para la Administración Pública” (en rojo).	180
Figura 79. Es mejor una reconstrucción, aunque sea conjetural, a que no exista ninguna.	181
Figura 80. Si no se tiene suficiente información se debería desarrollar, al menos, una versión con menos detalle para que se pueda comprender un entorno histórico.....	182
Figura 81. Una reconstrucción detallada puede tener licencias históricas, aunque haya que inventarse información para poder atraer al público hacia el patrimonio.....	183
Figura 82. Los expertos en historia y arqueología son los que tienen que tomar la decisión sobre qué hacer en estos casos.....	185
Figura 83. Imágenes de la reconstrucción virtual de los niveles de detalle 1 y 3 con un encuadre recortado desde la vista general, generando un efecto de teleobjetivo, sin distorsionar la imagen.	186
Figura 84. A esta distancia es más perceptible la diferencia entre ambas imágenes.	187

Figura 85. La segunda imagen es más atractiva que la primera.	187
Figura 86. La segunda imagen es más clara y comprensible que la primera, comparando los resultados del mismo enunciado, pero modificando la distancia de visionado.	188
Figura 87. La segunda imagen es visualmente realista.	189
Figura 88. La segunda imagen despierta más mi curiosidad que la primera.	190
Figura 89. La primera imagen es suficiente para comprender y valorar el patrimonio desaparecido.	190
Figura 90. Reconstrucción virtual de Palacios de la Sierra en el s.XI en nivel de detalle de volúmenes simples.	192
Figura 91. Reconstrucción virtual del Castillo de Burgos en el s.XIX en nivel de detalle 1.	193
Figura 92. Reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz. Urbanismo del s.XIX en volúmenes simples (izquierda) y Rúa de la Astería en el siglo XII en modelado de alta resolución (derecha).	195
Figura 93. Reconstrucción virtual de la Legio VII Gemina en el siglo I (León) en modelado de baja resolución.	196
Figura 94. Reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz en el siglo IX para el documental “Los orígenes de Vitoria-Gasteiz” realizada en nivel de detalle de resolución media.	198
Figura 95. Primer gráfico que mostraba la conexión entre la tríada de condicionantes y los niveles de detalle.	202
Figura 96. Matriz de resultados al combinar la tríada de condicionantes con los niveles de detalle.	203
Figura 97. Distribución del nivel de detalle según el tamaño de la reconstrucción virtual.	205
Figura 98. Tipos de encuadres según la distancia.	206
Figura 99. Distribución porcentual de cada uno de los formatos de visualización frente al total.	207
Figura 100. Gráfica sobre la adecuación de cada nivel de detalle a cada encuadre y tamaño de núcleo urbano.	209
Figura 101. Protocolo para la toma de decisiones sobre niveles de detalle en RVP.	215
Figura 102. Frecuencia de cada nivel de detalle sobre el total del muestreo de reconstrucciones virtuales de núcleos urbanos históricos en España.	216

1. Introducción

Esta tesis doctoral tiene como objeto de estudio la representación gráfica del patrimonio, en concreto, la reconstrucción virtual de núcleos urbanos. Dentro de los tipos de patrimonio, se pondrá el foco en el patrimonio cultural y material, concretando el análisis en los núcleos urbanos históricos, esto es, cualquier conjunto de edificaciones más allá de un edificio individual y en algún momento de su pasado. Dentro de la representación gráfica, esta tesis doctoral se focaliza en las artes visuales digitales, más concretamente, se tratará el ámbito de la reconstrucción virtual del patrimonio¹ (a partir de ahora se usarán las siglas RVP).

Figura 1. Tipos de patrimonio y de representación del patrimonio, mostrando la conexión sobre la que se centra este estudio.



Fuente: elaboración propia a partir de la Ley 16-1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español

En este estudio convergen varias disciplinas cuyas bases deben ser presentadas por separado para contextualizar los siguientes bloques. Por ello, este capítulo introductorio presenta los ámbitos de conocimiento sobre los que versa el proceso de investigación posterior.

¹ En castellano es común referirse a esta disciplina como reconstrucción virtual del patrimonio, aunque existen diferentes denominaciones según cada autor y enfoque. El debate sobre la denominación de la disciplina sigue abierto.

1.1 El patrimonio cultural

Se considera patrimonio cultural a los componentes materiales e inmateriales que definen y forman parte de la cultura de una sociedad. La Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural de 1972 organizada por la Organización de Naciones Unidas recoge como elementos del patrimonio material que deben ser preservados y divulgados a monumentos, conjuntos y lugares con un valor histórico, científico o artístico. En este mismo documento se hace responsables a las autoridades locales de la protección de su patrimonio:

Cada uno de los Estados Partes en la presente Convención reconoce que la obligación de identificar, proteger, conservar, rehabilitar y transmitir a las generaciones futuras el patrimonio cultural y natural situado en su territorio, le incumbe primordialmente. Procurará actuar con ese objeto por su propio esfuerzo y hasta el máximo de los recursos de que disponga, y llegado el caso, mediante la asistencia y la cooperación internacionales de que se pueda beneficiar, sobre todo en los aspectos financiero, artístico, científico y técnico. (UNESCO, 1972)

1.1.1 Concepto y contexto

El concepto de patrimonio cultural es tan amplio que se ha subdividido en diversas categorías según las áreas de conocimiento que se han dedicado a investigarlo. Existen estudios específicos enfocados al patrimonio histórico, arqueológico, edificado, artístico, etnográfico o urbano (García Cuetos, 2012), entre otros, generando investigaciones que se han abordado atendiendo a las particularidades y metodologías propias de cada área. En la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos convergen varias de estas categorías, por lo que se usará el término general de patrimonio cultural.

La inquietud por preservar el patrimonio material, con algún tipo de singularidad o vinculación con la cultura de su territorio, ha ido evolucionando de diferentes maneras en cada cultura y momento histórico (Hoz, 2009). Sin embargo, no fue hasta principios del siglo XIX, en el Congreso de Viena de 1815, cuando se comenzaron a establecer las bases para una regulación basada en acuerdos internacionales para la salvaguarda del patrimonio. Este primer acuerdo fue una consecuencia directa de las guerras Napoleónicas, que habían provocado una profunda destrucción de patrimonio material en toda Europa, así como el saqueo sistemático de obras de arte y otros bienes culturales. Aunque el motivo principal de este congreso era la reestructuración política y social de la Europa postnapoleónica, se establecieron, además, las bases de lo que serían las futuras leyes de conservación del patrimonio (*Actas del Congreso de Viena*, 1815).

Unas décadas después, en las Conferencias de Paz de la Haya de 1899 y 1907 se avanzó en la búsqueda de una regulación internacional, creando, entre otros, el principio de inmunidad del patrimonio cultural que otorgaba una protección especial a estos bienes frente a su posible daño o destrucción.

Las graves consecuencias de la Segunda Guerra Mundial para el patrimonio histórico mundial obligaron a una redefinición de las leyes sobre su preservación. En este conflicto se destruyeron masivamente edificios históricos en casi todos los países involucrados, tanto por daños colaterales como con alevosía. No en vano, la devastación del patrimonio fue utilizada como un arma de guerra contra el bando enemigo. Una técnica ya utilizada en la antigüedad, tal y cómo atestigua, por ejemplo, la *damnatio memoriae*; una condena del Imperio Romano que buscaba borrar la memoria de una persona como castigo, destruyendo todo el patrimonio material que pudiese rememorarla.

El nuevo orden mundial tras el conflicto, así como la consolidación de la Organización de las Naciones Unidas, impulsaron la creación de un organismo encargado de las áreas de educación, ciencia y cultura: la UNESCO. Una de sus funciones era promover la protección y conservación del patrimonio cultural, sobre todo en casos de conflictos armados, tal y como se recogía en la Convención para la Protección de Bienes Culturales en Caso de Conflicto Armado (1954). De este modo, los países que formaban parte de la ONU pasaron a ser los responsables de salvaguardar su propio patrimonio cultural, aplicando la legislación que creyesen conveniente. Durante estas primeras décadas no se hizo especial hincapié en la difusión del patrimonio, dando más

protagonismo a su conservación. Este hecho es llamativo, ya que la propia difusión favorece la comprensión, por parte de la sociedad, de la importancia de este patrimonio y ayuda a garantizar su preservación a lo largo del tiempo.

Paralelamente a su preservación se fueron asentando las disciplinas relacionadas con el patrimonio deteriorado o perdido: la restauración, para los casos en los que el bien patrimonial estuviese suficientemente poco alterado, y la representación gráfica, para los casos de bienes que se hubiesen modificado mucho o, directamente, hubiesen desaparecido (Pietroni y Ferdani, 2021).

La restauración física del patrimonio tiene sus precedentes en las intervenciones arquitectónicas que buscaban recuperar la apariencia original de edificios que habían sido modificados a lo largo del tiempo. Influidos por la escuela de pensamiento del arquitecto Viollet-le-Duc (Cutroneu, 2011), durante varias décadas, a mediados del siglo XIX, se realizaron intervenciones en edificios monumentales de toda Europa para buscar una supuesta vuelta a su aspecto original, buscando la pureza de cada estilo arquitectónico basándose, en ocasiones, más en criterios estéticos que históricos. Esto provocó que, hasta ya bien entrado el siglo XX, fuese habitual realizar intervenciones fantasiosas sobre el patrimonio creando reconstrucciones idílicas habitualmente alejadas del rigor histórico y arqueológico (Gil Cornet, 2004).

Con el tiempo, las técnicas de restauración fueron aumentando el respeto por el rigor histórico. Se fueron determinando unos principios transversales (Brandi, 1963) que se pudiesen aplicar de forma general a cualquier caso, como la separación visual de la zona intervenida de la original y la protección de los restos originales (Pietroni y Ferdani, 2021).

El patrimonio cultural y, en términos más amplios, las edificaciones históricas con algún tipo de registro documental habían despertado tradicionalmente la curiosidad de artistas y artesanos que trataban de representar lo que se sabía que había existido, pero se ignoraba cómo era. A lo largo de la historia, los artistas tuvieron que lidiar con este problema (Rascón Marqués y Sánchez Montes, 2005) de diferentes maneras y, muchas veces, condicionados por los cánones estéticos y la evolución de la sociedad coetánea a su obra. Habitualmente, los artistas no tenían la capacidad para imaginar cómo eran otras épocas y otras culturas más allá del espacio y tiempo en el que les había tocado vivir. A partir del siglo XVIII, se puede observar una incipiente

preocupación por mostrar el pasado con cierto rigor. Durante los siguientes siglos fue aumentando paulatinamente el uso de representaciones plásticas de hipótesis visuales sobre cómo era el pasado usando diferentes técnicas artísticas. Un importante punto de inflexión fue la aparición de las nuevas tecnologías de la comunicación a finales del siglo XX. Esta evolución influyó en la importancia que se daba a la divulgación del patrimonio, siendo cada vez más importante facilitar la comprensión de un bien patrimonial a la sociedad más que solamente preocuparse por su conservación y documentación (Martín Guglielmino, 1996).

El patrimonio cultural está protegido para que se pueda preservar y transmitir a las siguientes generaciones. Para ello necesita mantener, al menos documentalente, la relación con su contexto. De otra manera, se trataría simplemente de un conjunto de elementos anacrónicos salvaguardados únicamente por cuestiones estéticas (Fernández Martínez, 1989). El patrimonio requiere, para garantizar su disfrute por parte de la población, una difusión que garantice la comprensión de la importancia histórica y social de cada elemento. Su preservación, por tanto, debe ir siempre ligada a la divulgación (Martínez Taboada, 2009). Por ello, cualquier técnica comunicativa que permita ayudar a comprender un bien patrimonial dentro de su entorno y su contexto histórico ayudará a su pervivencia.

1.1.2 El patrimonio urbano

El concepto de patrimonio cultural, en su origen, estaba muy ligado a los elementos monumentales, fundamentalmente edificios exentos de su contexto. Tradicionalmente, la preservación del patrimonio se centraba en actuaciones sobre los monumentos o excavaciones arqueológicas, minusvalorando su entorno y descontextualizando cada edificación lo que a veces producía intervenciones sobre el patrimonio atendiendo a razones estéticas y no culturales (Ortega Valcárcel y Bernal Santa Olalla, 1997). Hubo de pasar cierto tiempo para que los conjuntos urbanos históricos comenzaran a considerarse patrimonio cultural *per se* y se observara su capacidad para generar, promover y resguardar los valores culturales de una sociedad (Pérez-Juez Gil, 2006).

El concepto de patrimonio urbano nace de una corriente italiana que redactó la Carta de Gubbio (1960), por la que se reivindicaba la importancia del entorno urbano, su morfología y su evolución más allá del mero patrimonio construido. En esta carta, además, se manifestaba la necesidad de generar redes de trabajo coordinadas a nivel europeo para ayudar a preservar y difundir el patrimonio urbano de poblaciones que compartiesen características comunes en el plano histórico. Más tarde, en 1987, el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios Histórico-Artísticos (ICOMOS) promulgó la Carta Internacional para la Conservación de las Ciudades Históricas (1987), conocida como la Carta de Washington, en la que se refuerza la desvinculación entre patrimonio monumental y urbano, entendiéndose como dos elementos diferentes que requieren de sus propias estrategias individualizadas. En esta carta se hace especial mención a la imperante necesidad de legislación para la preservación de este último:

“Actualmente se hallan amenazados por la degradación, el deterioro y, a veces, por la destrucción provocada por una forma de desarrollo urbano surgida de la era industrial que afecta a todas las sociedades.” (Carta Internacional para la Conservación de las Ciudades Históricas, 1987)

Hoy en día la preservación y difusión del patrimonio urbano está ampliamente extendida, sobre todo en los conjuntos históricos y yacimientos arqueológicos, tanto desde la perspectiva humanista como económica, siendo uno de sus ámbitos de estudio más prolíficos su relación con el turismo y la sostenibilidad (García-Hernández et al., 2017). Sin embargo, los consensos internacionales no hacen mención específica a la difusión de la historia y evolución de los paisajes urbanos, manteniéndose el principio de preservación de lo que ya hay, sin especificar la importancia de lo que hubo y su impacto tanto en el patrimonio material actual como en la cultura local.

La historiografía y las metodologías de análisis del urbanismo histórico se han desarrollado ampliamente en los últimos 40 años (Martínez Taboada, 2009). La legislación sobre arqueología urbana exige que cualquier resto constructivo, tanto en la superficie como en el subsuelo, deba ser

tratado y catalogado de manera exhaustiva, respetando y protegiendo legalmente cualquier resto del pasado de un núcleo urbano (Ruiz de Arbulo, 2009). Actualmente, los expertos en patrimonio urbano son capaces de realizar análisis muy profundos y completos que permiten realizar hipótesis sobre cómo podía ser el trazado y paisaje urbano de núcleos históricos de los que no haya suficiente información arqueológica o documental. Beatriz Arízaga Bolumburu, Catedrática de Historia Medieval de la Universidad de Cantabria, señala que:

Para poder desarrollar un buen estudio del paisaje urbano de las ciudades medievales hay que profundizar en las fuentes de información indirectas, tales como la documentación textual (descripciones), la iconografía y la cartografía. Y, sobre todo, aplicarnos en la observación directa del espacio urbano, utilizando los conocimientos y técnicas empleadas por urbanistas y arqueólogos (urbanismo histórico, parcelarios, arqueología). La ciudad puede ser un buen objeto de estudio, y también una espléndida fuente de información directa, si somos capaces de hacerle hablar (Arízaga Bolumburu, 2002).

1.1.3 El urbanismo y las edificaciones desaparecidas

Más allá del concepto de patrimonio monumental y patrimonio urbano están los conjuntos de edificaciones que tuvieron, en su día, una relevancia significativa pero que en la actualidad han desaparecido definitivamente. Esto sucede bien porque permanecerán para siempre ocultos bajo el subsuelo, porque han sido destruidos, expoliados o porque se han degradado demasiado con el paso del tiempo. En estos casos, al no existir físicamente, no pueden considerarse patrimonio material, pudiendo entrar en otras categorías como el patrimonio intangible, pero esto hace que no estén sujetos a la regulación sobre el patrimonio edificado. La regulación para la preservación del patrimonio incide en la importancia de la ruina (Pérez-Juez Gil, 2006) y de los restos materiales, siendo la falta de registros arqueológicos una traba fundamental para la representación gráfica de estos espacios urbanos, aunque pudieran existir fuentes documentales que permitan realizar una hipótesis visual sobre cómo eran estos entornos en el pasado. En algunas ocasiones, los elementos

desaparecidos han dejado algunos rastros materiales e información en documentos históricos (Münster, 2013). Esto permite que, aun habiendo desaparecido, se puedan establecer conjeturas con diferentes grados de rigurosidad sobre cómo pudieron haber sido, utilizando, para ello, metodologías provenientes del campo de la arqueología (Gamble, 2002). La disciplina de la RVP se fundamenta en estos procesos de análisis e interpretación, así como en la misma premisa de respetar el rigor histórico, aunque adaptada a las nuevas tecnologías (Pietroni y Ferdani, 2021).

Como se desarrollará más adelante, la deontología de la disciplina de la reconstrucción virtual del patrimonio requiere del mayor grado posible de rigor documental para afrontar la realización de un proyecto. De este modo, en los casos en los que no quede registro físico, aunque sí información sobre el urbanismo o edificaciones perdidas, existen dos posibilidades. Por una parte, tolerar el desconocimiento social de nuestro pasado debido a la falta de representaciones gráficas de los elementos desaparecidos. Por otra parte, profundizar en metodologías de investigación que permitan asegurar el rigor histórico a la hora de plantear una representación que muestre, en una imagen, cómo pudo haber sido lo que nunca sabremos fehacientemente cómo era. Este es un punto importante ya que el patrimonio material cuenta con una amplia legislación que asegura su preservación y posibilita su difusión. Sin embargo, esto no existe para los casos de entornos y edificios perdidos cuya única diferencia es que han desaparecido, aunque en su momento existieron, por lo que también forman parte de nuestro acervo cultural y, por tanto, debería promoverse su conocimiento salvaguardando la memoria de su existencia. La evolución de nuestra forma de vivir en comunidad y la documentación histórica al respecto son un legado independiente a los restos materiales que hayan podido conservarse hasta la actualidad. Bien es cierto que el patrimonio edificado es una conexión directa con nuestro pasado, pero para comprender quiénes somos de una manera global y contextualizada no podemos ceñirnos solo a lo que ha quedado porque es mucho menos que lo que se ha perdido.

Dentro del urbanismo y las edificaciones desaparecidas se encuentra un caso peculiar: el patrimonio desaparecido en épocas recientes debido a la mala praxis arqueológica u otros contratiempos administrativos. Los profesionales a cargo de una excavación arqueológica son los únicos capacitados para analizar, interpretar y publicar los resultados de la intervención,

ocurriendo, en ocasiones, que este análisis y divulgación no llega a realizarse o publicarse, quedando la información sobre un yacimiento perdida para siempre. Esto es doblemente perjudicial, ya que elementos que consiguieron preservarse hasta nuestros días y se protegieron como patrimonio quedarán vacíos de contexto e información, dificultando su comprensión y, por tanto, para su puesta en valor (Fernández Martínez, 1989).

1.2 La reconstrucción virtual del patrimonio

La RVP es una disciplina que, a partir de la evolución tecnológica del ámbito informático, ha reunido estudios y metodologías de diferentes áreas de conocimiento con el fin de plantear hipótesis visuales sobre cómo pudieron haber sido objetos, espacios y núcleos urbanos en alguna de sus etapas de existencia (Münster, Pfarr-Harfst, et al., 2016). En la RVP convergen varias áreas de conocimiento que se interrelacionan para que las representaciones gráficas del pasado se basen en análisis sólidos que propicien hipótesis visuales que respeten el rigor histórico: estudios en patrimonio, historiografía, arqueología, artes plásticas, arquitectura, museología, comunicación audiovisual, computación gráfica y antropología (Pietroni y Ferdani, 2021).

Dentro de la propia nomenclatura de esta disciplina destaca la palabra patrimonio. No obstante, cabría señalar que la RVP no se centra solo en elementos patrimoniales, esto es, que han pervivido hasta nuestros días y se han protegido como tal, sino que, en muchas ocasiones, también se utiliza para representar el pasado histórico del que no se conservan restos materiales. Se usará, en este estudio, el término patrimonio de una manera amplia y abarcando también a elementos constructivos relevantes en el pasado que han desaparecido por completo. Este planteamiento, aunque no exento de debate entre investigadores que defienden otras denominaciones (Barrat, 2018), cuenta con un amplio consenso académico.

En esta disciplina se agrupan varias metodologías a través de las que se generan modelos tridimensionales digitales a partir de información, tanto histórica como arqueológica, de objetos, edificios y, en lo que se centra este estudio, núcleos urbanos históricos. Actualmente el uso de la

RVP se ha generalizado en los ámbitos divulgativo y educativo, mientras avanza hacia su consolidación como disciplina académica (Borodkin, 2020). La RVP nace del trabajo conjunto de investigadores provenientes de diferentes áreas que han convergido en una disciplina nueva, con unos rasgos propios, que cada vez apunta más a su singularidad académica frente a otras disciplinas del ámbito de las humanidades digitales.

La investigación sobre la RVP ha evolucionado hacia la estandarización de procesos y procedimientos, tratando de garantizar el rigor, tanto académico como procedimental, en el proceso de reconstrucción virtual. Esto ha fomentado la consolidación de esta materia y ha proporcionado a los investigadores pautas claras para contribuir al avance del conocimiento en esta área (Münster et al., 2015). En los últimos años, varios autores han propuesto protocolos y flujos de trabajo como base para una estandarización metodológica (Pfarr-Harfst, 2016) que permita que todo el conocimiento que se vaya generando a través de la investigación se fundamente sobre la misma base académica (Demetrescu y Ferdani, 2021).

La literatura académica ha explorado el potencial de la RVP en los ámbitos de la difusión del patrimonio (Bellido Gant, 2008) y la educación (Checa et al., 2016) llegando a conclusiones que trazan un consenso sobre el alto potencial de esta disciplina para favorecer la comprensión del pasado y su puesta en valor. La RVP se aplica cada vez más en la divulgación del patrimonio, siendo su uso bastante generalizado en museos, yacimientos arqueológicos y edificios con relevancia histórica (Gómez Robles y Quirosa García, 2015).

Sin embargo, esta evolución académica y social está lejos de su uso generalizado en su aplicación a la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos (Münster, 2021). A pesar de que se han desarrollado en España proyectos desde principios de siglo (Rascón Marqués y Sánchez Montes, 2005) todavía se sigue considerando innovadora. La aplicación de la RVP se ha extendido en los casos de edificios históricos o yacimientos arqueológicos musealizados, pero no es frecuente que ciudades que actualmente sigan estando habitadas dispongan de reconstrucciones virtuales que representen su historia y evolución. La expansión de la RVP de núcleos urbanos históricos depende de manera muy directa de la financiación pública, que, en términos generales, es la responsable de

la conservación y difusión del patrimonio cultural. La disposición de esta financiación dependerá de la iniciativa, por parte de las instituciones, de desarrollar proyectos de este tipo que son económicamente asequibles comparados con otras intervenciones en el patrimonio. Esta financiación tendrá, por tanto, matices locales y característicos de cada región o país, siendo complicado establecer pautas desde el ámbito de la investigación que favorezcan la estimulación global para la expansión de proyectos sobre reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos.

1.3 Situación legal de la difusión del patrimonio en España

Ya que la RVP depende de iniciativa pública, y esta, de la legislación de cada estado, se plantea, en este apartado, un repaso por la situación legal de la difusión del patrimonio en España.

La Constitución Española, en su Artículo 48 señala que:

Los poderes públicos garantizarán la conservación y promoverán el enriquecimiento del patrimonio histórico, cultural y artístico de los pueblos de España y de los bienes que lo integran, cualquiera que sea su régimen jurídico y su titularidad. La ley penal sancionará los atentados contra este patrimonio (Constitución Española, 1978).

El texto puntualiza que la conservación del patrimonio está a cargo de la Administración Pública, pero sin especificar la distribución de competencias entre las diferentes entidades que la forman. La Constitución sirve, en este caso, como un marco amplio para orientar la regulación, que dependerá de la legislación de cada ente competente.

1.3.1 Distribución de competencias en la gestión y difusión del patrimonio

1.3.1.1 Unión Europea

La Unión Europea recoge el testigo de la UNESCO y vela por la regulación sobre la protección del patrimonio de sus estados miembros. La institución encargada de poner en práctica estas iniciativas es la Comisión Europea, que determina la distribución de recursos de la Unión atendiendo a sus prioridades, entre las que se encuentra la conservación y difusión del patrimonio histórico. De esta forma, la Comisión Europea traza las estrategias, fundamentalmente a través de programas de estímulos económicos, para la innovación y el desarrollo en los planes estratégicos de la Unión Europea. Esto se canaliza en programas anuales y líneas estratégicas por décadas, que financian proyectos de preservación del patrimonio cultural, tanto en intervenciones físicas como en su divulgación.

1.3.1.2 Gobierno Central de España

Las competencias del gobierno español en materia de patrimonio están descentralizadas en las Comunidades Autónomas, aunque se regulan a nivel nacional a través de la Ley 16/1985, de 25 de junio del Patrimonio Histórico Español. En esta ley, la Administración Pública se hace responsable de garantizar la conservación del patrimonio histórico español y se recoge la normativa sobre la conservación de estos bienes patrimoniales, aunque no determina ninguna regulación sobre la divulgación de este patrimonio. Las competencias estatales en materia de patrimonio se coordinan desde el Instituto de Patrimonio Histórico Español (IPHE), organismo cuyo cometido es “la investigación, conservación y restauración de los bienes que conforman el Patrimonio Cultural.” y teniendo como funciones:

Elaboración y ejecución de planes para la conservación y restauración de los bienes muebles e inmuebles del patrimonio histórico, así como de los fondos que constituyen el patrimonio documental y bibliográfico y la cooperación con otras

Administraciones públicas y entidades públicas o privadas para el desarrollo de dichos planes y su seguimiento.

La promoción y fomento de los proyectos de investigación arqueológica española en el exterior.

El archivo y sistematización de los trabajos realizados y de la documentación disponible sobre patrimonio histórico.

La investigación y estudio sobre criterios, métodos y técnicas para la conservación y restauración del patrimonio histórico.

La formación de técnicos y especialistas en conservación y restauración de los bienes inmuebles y muebles integrantes de dicho patrimonio (Real Decreto 817/2018, de 6 de julio, 2018).

No obstante, existen iniciativas dirigidas desde órganos estatales para la preservación del patrimonio material que pretenden financiar con cargo a las cuentas generales del Estado proyectos de preservación y divulgación del patrimonio que no puedan ser asumidos por las Comunidades Autónomas, además de instituciones dependientes del Ministerio de Cultura que también tienen como propósito la preservación y divulgación del patrimonio, como el Museo Arqueológico Nacional.

1.3.1.3 Comunidades autónomas

El artículo 149 de la Constitución Española de 1978 expone las competencias en materia de patrimonio tanto de las Comunidades Autónomas como del Estado. Este artículo es el encargado de defender los bienes patrimoniales contra la exportación y expolio, así como de su protección y conservación. La ley establece que el patrimonio monumental de interés de la Comunidad Autónoma puede ser, siendo aquí importante la perífrasis verbal utilizada “puede ser”, competencia del gobierno regional. Las competencias reales sobre este patrimonio, especialmente teniendo en cuenta las atribuciones exclusivas del Estado, dejan cierta ambigüedad en su planteamiento tal y cómo se observan en los puntos 2 y 3 de dicho artículo:

2. Sin perjuicio de las competencias que podrán asumir las Comunidades Autónomas, el Estado considerará el servicio de la cultura como deber y atribución esencial y facilitará la comunicación cultural entre las Comunidades Autónomas, de acuerdo con ellas.

3. Las materias no atribuidas expresamente al Estado por esta Constitución podrán corresponder a las Comunidades Autónomas, en virtud de sus respectivos Estatutos. La competencia sobre las materias que no se hayan asumido por los Estatutos de Autonomía corresponderá al Estado, cuyas normas prevalecerán, en caso de conflicto, sobre las de las Comunidades Autónomas en todo lo que no esté atribuido a la exclusiva competencia de ésta (Constitución Española, 1978).

Por tanto, la distribución de competencias entre Estado y Comunidades Autónomas queda pendiente de delimitar, hasta 1985, año en que entra en vigor la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español. En el texto se incluye que las competencias sobre patrimonio quedarán establecidas por cada Comunidad Autónoma en sus estatutos, teniendo la capacidad de legislar en esta materia:

La revisión legal queda, por último, impuesta por una nueva distribución de competencias entre Estado y Comunidades Autónomas que, en relación a tales bienes, emana de la Constitución y de los Estatutos de Autonomía (Ley 16/1985, de 25 de junio).

De este modo, queda en manos de cada comunidad autónoma el reparto de competencias sobre la preservación y difusión de su patrimonio cultural.

1.3.1.4 Administración local

Estas competencias sobre patrimonio pueden estar delegadas en entidades locales, según la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local:

3. El Estado y las Comunidades Autónomas, en el ejercicio de sus respectivas competencias, podrán delegar en las Entidades Locales el ejercicio de sus competencias. Las competencias delegadas se ejercen en los términos establecidos en la disposición o en el acuerdo de delegación, según corresponda, con sujeción a las reglas establecidas en el artículo 27, y preverán técnicas de dirección y control de oportunidad y eficiencia (Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local).

Estas entidades locales pueden ser las propias Diputaciones provinciales, en caso de que existan, o, incluso, municipios:

1. El Municipio, para la gestión de sus intereses y en el ámbito de sus competencias, puede promover actividades y prestar los servicios públicos que contribuyan a satisfacer las necesidades y aspiraciones de la comunidad vecinal en los términos previstos en este artículo.

2. El Municipio ejercerá en todo caso como competencias propias, en los términos de la legislación del Estado y de las Comunidades Autónomas. (...)

a) Urbanismo: planeamiento, gestión, ejecución y disciplina urbanística. Protección y gestión del Patrimonio histórico. Promoción y gestión de la vivienda de protección pública con criterios de sostenibilidad financiera. Conservación y rehabilitación de la edificación (Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local, 1985).

1.3.1.5 Fundaciones, asociaciones e iniciativa privada

Existe patrimonio histórico de propiedad pública pero cuya gestión, mantenimiento o explotación está delegado a asociaciones privadas. Estas iniciativas están sujetas a las mismas leyes que el resto de entidades, pero también implica que pueden tener iniciativas por su cuenta en cuanto a la difusión.

Por tanto, en el caso español, las Administraciones Públicas pueden tener competencias diferentes en cada territorio, dependiendo de la legislación propia. Esto ha sido beneficioso para la conservación del patrimonio, ya que cada entidad local se focaliza en su territorio (Pérez-Juez Gil, 2006), pero supone que sea complejo establecer pautas concretas que sean aplicables a la difusión del patrimonio cultural en todo el Estado, ya que, en este caso, las leyes a nivel nacional no hacen mención específica al patrimonio urbano ni a la difusión del patrimonio. Esta falta de especificación hace que la representación visual del urbanismo perdido o desaparecido esté condicionada a quien tome las decisiones sobre preservación y difusión en cada bien patrimonial, lo que también ocurre con otras nuevas tecnologías del ámbito de las humanidades digitales aplicadas al turismo y puesta en valor del patrimonio (Bellido Gant, 2008). Lo que significa que, probablemente, se tenderá a representar visualmente solo los elementos patrimoniales que estén explotados de manera turística o tengan algún tipo de regulación específica que posibilite la aparición de iniciativas de RVP.

Este paradigma organizativo ha provocado una situación que influye directamente en la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos: las diferentes administraciones encargadas de la preservación del patrimonio suelen tener, como prioridades, la actuación en bienes concretos que aún conservan una parte de su estructura en pie y que puedan tener impacto en el turismo. Dentro de los planes nacionales del IPHE (2020) se contemplan las actuaciones sobre patrimonio construido de diferentes tipologías, pero no sobre conjuntos urbanos, probablemente porque son entornos en constante evolución y sería complicado determinar una categorización espacial y temporal de cada posible intervención. Dado que la administración central no establece pautas de actuación ni líneas de financiación para la estimulación de la RVP de núcleos urbanos, pasando a depender tanto de las instituciones regionales o locales como de la iniciativa privada, en estas

instituciones recae una responsabilidad doble. Por un lado, disponer del impulso para desarrollar proyectos de RVP y, por otro, conseguir la financiación para ejecutarlos. Así, aunque la conservación y difusión del patrimonio está sujeta a estrategias establecidas a nivel tanto europeo como nacional o privado, en el caso concreto de la RVP de núcleos urbanos depende directamente de la voluntad e iniciativa de cada entidad, sin que apenas exista una regulación a la que puedan atenerse, por lo que es complicada la consolidación de esta disciplina frente al caos institucional. Esta coyuntura supone que la diferencia entre lo que se difunde o no depende de si se engloba dentro de las definiciones de patrimonio urbano, patrimonio histórico o patrimonio arqueológico, porque es únicamente esto lo que está regulado (Pérez-Juez Gil, 2006). La representación gráfica de los núcleos urbanos depende de la terminología, y la terminología, no recoge los conocimientos históricos que no están vinculados a restos materiales.

1.4 Los niveles de detalle en la representación de entornos urbanos

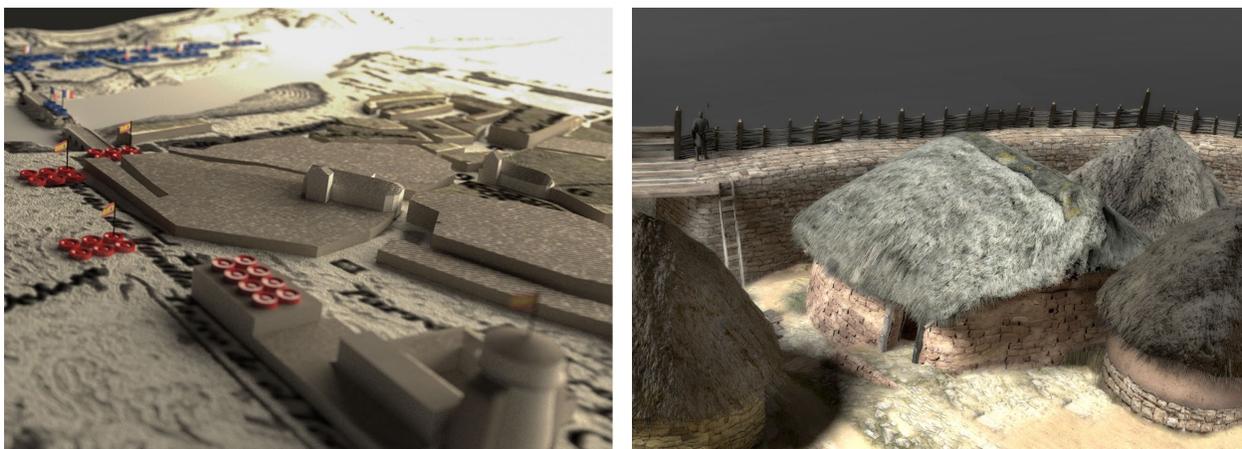
La representación gráfica virtual de entornos urbanos no es exclusiva del área de la RVP. En las áreas de geografía y arquitectura es habitual utilizar representaciones tridimensionales de ciudades y edificios como recurso para diferentes metodologías de investigación, como la planificación urbana, administración inmobiliaria, análisis de ruido y cálculos de inundaciones y drenaje (Blaauboer et al., 2012). La necesidad de profundizar en las funciones de estos modelos de representación gráfica ha generado varias líneas de investigación, siendo, una de ellas, particularmente aplicable a los estudios de RVP: los niveles de detalle ².

Un entorno urbano puede ser representado con mucho detalle, o bien, de una manera esquematizada (Gruber et al., 1995). Entre estos extremos, los investigadores han buscado clasificaciones que puedan usarse para estandarizar los modelos de representación de la ciudad, con el fin de facilitar la investigación en diferentes áreas de conocimiento (I. F. Biljecki, 2013).

² Habitualmente denominados LODs en la literatura académica, por ser las siglas de *Levels of detail*.

El uso de niveles de detalle en la reconstrucción virtual del patrimonio está habitualmente abordado en la literatura académica desde un punto de vista técnico, centrado en aspectos geométricos y morfológicos (Brũha et al., 2020). La complejidad con la que estén realizados los modelos 3D condiciona su aplicación en diferentes formatos (Bacigalupo y Cessari, 2003), aunque este hecho ha ido perdiendo relevancia a medida que ha evolucionado la informática gráfica y la computación, por lo que esta tesis doctoral pretende centrar los avances sobre el uso de niveles de detalle en su aspecto estético y su percepción. Actualmente, la investigación sobre categorización en diferentes niveles de detalle aplicada a la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos puede mejorar las metodologías de trabajo y proponer nuevas formas de representar el patrimonio desaparecido, optimizando tanto los resultados como la financiación. Pero esto pasa, necesariamente, por enfocar el análisis no tanto desde un punto de vista técnico como estético, orientado al ámbito de las humanidades y las ciencias sociales. Así, se entiende este proceso como un acto comunicativo entre el emisor y el receptor donde los niveles de detalle se convierten en un elemento fundamental que incide en la percepción de la imagen por parte del público objetivo. Existen estudios que buscan principios generales sobre cómo se percibe la belleza estética de edificios según su estilo (Nasar, 1994), y estos avances podrían vincularse con los resultados de esta tesis doctoral en futuras líneas de investigación.

Figura 2. Dos ejemplos de cómo se puede representar un entorno urbano en diferentes niveles de detalle.



Nota: a la izquierda una reconstrucción virtual de Alba de Tormes (Salamanca) en el s.XIX en un nivel de detalle esquemático y a la derecha una reconstrucción virtual de La Peña del Castro (León) en el s.I en un nivel de detalle realista. Fuente: elaboración propia.

2. Objetivos e hipótesis

El propósito del presente trabajo es comprender el impacto que pueden tener los niveles de detalle en la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos, tanto en su fase de desarrollo como en la difusión de los resultados. Para que este objetivo pueda ser conseguido con rigor académico se deben recoger datos tanto en la fase de desarrollo de los modelos 3D como en su impacto en el público objetivo, permitiendo que los resultados sean lo suficientemente sólidos como para que las propuestas sean, a la vez, rigurosas y funcionales.

Así mismo, se proponen los siguientes objetivos secundarios:

- Identificar cuáles son los factores condicionantes en la reconstrucción virtual de núcleos urbanos y comprobar si los niveles de detalle pueden mejorar los procesos de trabajo, favoreciendo que se desarrollen más proyectos de RVP.
- Analizar cómo los factores locales y el contexto social pueden influir en la mayor o menor aplicación de la RVP. En este caso, se centrará el estudio en el caso español, pero a partir de una metodología que pueda ampliar su campo de investigación a otros ámbitos geográficos.
- Plantear un protocolo de actuación sobre la idoneidad de cada nivel de detalle para cada situación de reconstrucción virtual de núcleos urbanos para que pueda servir para su implementación en las metodologías de RVP propuestas en el ámbito académico hasta la fecha.

Se parte de la hipótesis de que los diferentes niveles de detalle pueden favorecer la eficiencia y eficacia de la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos, siendo un mecanismo útil para la optimización de recursos y, por tanto, para estimular la aparición de más proyectos que, en último término, mejoren la difusión social del patrimonio cultural.

Por tanto, esta tesis doctoral pretende detectar los mecanismos a través de los cuáles se puede fomentar la aplicación de la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos en España. Para esto, se ha realizado un análisis del estado académico sobre la RVP y su uso en núcleos urbanos, así como de todos los factores que pueden inferir en su expansión a nivel nacional. Esta información ha sido complementada con una recopilación de datos sobre las reconstrucciones virtuales de núcleos urbanos realizadas en España para extraer conclusiones que, junto con el repaso académico y el análisis sectorial, han permitido trazar una metodología específica sobre los niveles de detalle cuya aplicación es innovadora en este ámbito. Así, se han explorado las posibilidades de los niveles de detalle como una condición que puede facilitar la eficacia y eficiencia de proyectos de RVP, lo que puede influir de manera directa en la estimulación de la iniciativa para que se desarrollen más proyectos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos.

Para lograr estos objetivos, esta exploración se ha basado en un caso de estudio, que ha servido para poder realizar una prueba experimental sobre los niveles de detalle. Se han generado dos versiones en dos niveles de detalle de la misma reconstrucción virtual del mismo núcleo urbano histórico con el fin de, a partir de la diferencia de ambos resultados, poder realizar un análisis cualitativo y cuantitativo que no se basen únicamente en la percepción de una única imagen sino en la comparación entre ambas. Esta prueba experimental consistió en una reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz³ en el siglo XII, desarrollada bajo las actividades de dos proyectos de investigación: “Metodología de investigación histórica basada en el desarrollo de modelos espaciales tridimensionales” y “Didáctica de la realidad virtual en el turismo y la difusión del patrimonio” cuyo resultado de transferencia fue el documental “Los orígenes de Vitoria-Gasteiz”.

³ La ciudad de Vitoria-Gasteiz pasó de llamarse Gasteiz a Vitoria en el siglo XII, coincidiendo aproximadamente con el periodo en el que se realizó la reconstrucción virtual. Actualmente la denominación oficial une ambos nombres con un guion, y así será utilizado en esta tesis doctoral para referirse indistintamente al primitivo núcleo de población como a la ciudad actual, por entenderse como un *continuum* histórico.

Estos proyectos de investigación fueron desarrollados por la Universidad de Burgos y financiados por la Fundación Catedral Santa María de Vitoria-Gasteiz.

Así, esta tesis se estructura en las siguientes fases: una revisión bibliográfica sobre el estado de la cuestión de la RVP en el ámbito académico, una recogida de datos sobre el estado actual de la reconstrucción virtual de núcleos urbanos en España, un desarrollo de un proyecto de reconstrucción virtual con diferentes niveles de detalle y una medición mixta, tanto cualitativa como cuantitativa, para extraer resultados que puedan estimular la expansión de la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos.

Figura 3. Esquema de la estructura de investigación de esta tesis doctoral.



Fuente: elaboración propia.

Esta investigación se inserta en el marco de las áreas de conocimiento de humanidades y comunicación y se plantea desde una doble vertiente teórico- práctica. Por un lado, se procurará establecer unos principios que ayuden a los profesionales a utilizar los niveles de detalle de forma más efectiva. Por otro, se pretende hacer una profunda reflexión sobre esta materia lo que permitirá, desde una perspectiva académica, iniciar distintas líneas de investigación a partir de la convergencia de varias disciplinas.

3. Estado de la cuestión

Este apartado servirá como punto de partida para el planteamiento de una metodología que se apoye sobre los diferentes ámbitos de conocimiento sobre los que versa esta tesis doctoral. Se divide en dos bloques principales: uno que analiza la vinculación de la RVP junto con el resto de los ámbitos de conocimiento que la conforman desde una perspectiva académica y otro que analiza específicamente la implantación de esta disciplina en el caso de los núcleos urbanos históricos en España.

3.1 La reconstrucción virtual del patrimonio: una disciplina emergente

La RVP es una disciplina en expansión, cuyos orígenes se remontan a la última década del siglo XX. En estos años, los investigadores enfocaron sus estudios desde diferentes perspectivas, pero, con el paso del tiempo, la RVP ha ido adquiriendo solidez, tanto en el ámbito académico como en su aplicación práctica, aunque aún se puede considerar una disciplina emergente.

3.1.1 Orígenes de la reconstrucción virtual del patrimonio

El propio término reconstrucción proviene del ámbito de la conservación y difusión del patrimonio, utilizándose para los casos en los que se plantea una nueva edificación que simule cómo pudo haber sido un elemento constructivo que se ha modificado o perdido con el tiempo. Es diferente del término réplica, usado para reproducciones exactas de un bien patrimonial en un momento concreto de su historia para su preservación (Pérez-Juez Gil, 2006) y de la anástilosis, el proceso de reconstruir un bien destruido, pero usando únicamente los componentes originales que hayan perdurado, aunque no se complete la totalidad del edificio (Shaikh, 2014). Las nuevas tecnologías permiten convertir este proceso de reconstrucción físico en virtual, emulando, de una manera más asequible, este procedimiento de manera digital.

En la última década del siglo XX comenzaron a desarrollarse numerosas iniciativas que unían la computación gráfica con los estudios de patrimonio, desarrollando lo que luego sería una nueva disciplina dentro del área de las humanidades digitales: la RVP (Addison, 2000). Estas nuevas iniciativas buscaban la generación de modelos tridimensionales digitales que se podían visualizar a través de diferentes formatos (Pietroni y Ferdani, 2021), aportando la posibilidad de interacción en tiempo real, la sensación de inmersión y una mayor flexibilidad para la generación de audiovisuales (Addison, 2000). Estos estudios se asentaban sobre la base de otros modelos de representación gráfica tradicionales, como la ilustración histórica, las maquetas o la recreación histórica (Pérez-Juez Gil, 2006).

En los albores de la RVP se usaban las nuevas tecnologías digitales directamente como un sustituto de las metodologías convencionales, pero, con el tiempo, se ha profundizado en la búsqueda de sus valores añadidos (Münster, Pfarr-Harfst, et al., 2016). En los inicios de esta disciplina, las ventajas didácticas derivadas de la aplicación de tecnologías de computación gráfica a la divulgación del patrimonio se definían como amplias y prometedoras (Thompson et al., 2006). Varios estudios recalcaron en sus conclusiones las grandes posibilidades de la RVP para la divulgación y la investigación arqueológica (Slator et al., s. f.), aun basándose en metodologías incipientes, alejadas de las posibilidades tecnológicas actuales (Gaitatzes et al., 2001).

En un primer momento, las publicaciones de impacto se centraron en la parte tecnológica de esta disciplina. Los textos presentaban casos de estudio (Forte, 1997) que ahondaban en la aplicación y adaptación de diferentes procesos (Gabellone et al., 2001) a casos concretos (Broucke et al., 1999), basándose en metodologías provenientes de la computación gráfica.

Posteriormente, se publicaron diversos trabajos que provenían de investigadores de la rama de las humanidades, que centraban el interés en los bienes patrimoniales que iban a ser digitalizados desde una perspectiva arqueológica o histórico-artística, siendo la RVP un mero complemento anecdótico. Estos estudios explicaban someramente el uso de las diferentes tecnologías, las cuales ya estaban considerablemente asentadas (Gabellone, 2006). Además de las diferentes perspectivas, la RVP comenzó a explorarse aplicándose a varias tipologías: objetos

arqueológicos (Raimundo et al., 2018), edificios (Masuch et al., 1999) y al ámbito en el que se centra esta tesis, la RVP de núcleos urbanos históricos (Bacigalupo y Cessari, 2003).

En las primeras décadas, los investigadores se centraron en la faceta didáctica de los nuevos formatos de visualización, y no tanto en la metodología de trabajo (Pietroni y Ferdani, 2021), aunque sí que existieron autores que, de manera puntual, definían los procesos que habían seguido como base de su investigación (Koutsoudis et al., 2008). Los investigadores coincidían en señalar que la interactividad de los modelos virtuales de entornos urbanos y su capacidad para generar audiovisuales mejoraba la experiencia de los usuarios y facilitaba la comprensión de espacios desaparecidos. Los nuevos formatos podían incluir la capacidad de moverse libremente en un escenario virtual (Slator et al., 2001), lo que influía en el comportamiento de los usuarios, estimulando su curiosidad y pensamiento crítico y facilitando su capacidad para aprender (Forte, 2000). Además, fueron surgiendo nuevos sistemas que incluían la capacidad de inmersión, bien a través de visualización interactiva o de las entonces incipientes tecnologías de realidad virtual (Thompson et al., 2006). Estas características, sumadas a la posibilidad de agregar información hipertextual en los contenidos, fueron generando unos formatos de visualización interactivos e inmersivos que comenzaron a explorarse de manera individualizada por parte de los investigadores.

Aparte de los formatos de visualización, varios estudios se focalizaron en la búsqueda de una metodología que combinase de una manera eficiente y eficaz las diferentes disciplinas que participaban en los proyectos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos. Esta búsqueda era prioritaria para consolidar esta nueva disciplina, y se exploraron diferentes posibilidades, tanto de desarrollo técnico (Koutsoudis et al., 2008) como de investigación histórica (Bruschke y Wacker, 2016) para avanzar en la creación de un sistema de trabajo sólido y transversal. Estos procesos han sido recogidos por varios autores en los últimos años para que estas metodologías pasen de ser individualizadas para cada caso de estudio a globales, buscando una estandarización de procesos (Demetrescu y Ferdani, 2021).

Así, la RVP fue sentando sus bases, tanto por el aporte de investigaciones académicas como por iniciativas privadas, apareciendo nuevas líneas de investigación que se centraban en los diferentes aspectos intrínsecos de esta nueva disciplina, y ya no tanto con enfoques diferentes,

centrados bien en la computación gráfica, bien en las humanidades, sino desde una perspectiva aglutinadora.

3.1.2 La reconstrucción virtual del patrimonio en la actualidad

Durante las últimas dos décadas, ha habido aportes constantes que hacen avanzar a la RVP hacia su futura consolidación como una metodología de investigación independiente y no tanto como una combinación de otras (Münster, Pfarr-Harfst, et al., 2016). En la actualidad, aunque existen debates abiertos sobre la epistemología de la RVP, todavía no se han conseguido unos estándares definidos y unos referentes sólidos (Borodkin, 2020; Münster, 2022). La revisión bibliográfica de los textos teóricos que abordan esta cuestión y el análisis de casos de estudio académicos publicados han permitido descubrir los algunos de los principales temas de investigación de esta disciplina:

3.1.2.1 Deontología

La disciplina se encuentra, desde su misma definición, en una diatriba deontológica complicada de resolver y que afecta a investigadores según su área de investigación: historia, comunicación o computación gráfica. En la RVP se generan imágenes y recursos didácticos ficticios (Dodd y Kensek, 2004) que pretenden reflejar una realidad histórica desconocida. Aunque los proyectos de RVP intentan mostrar una hipótesis de cómo pudo ser una realidad histórica, necesariamente deben añadir una parte de conjetura⁴ de cada elemento representado debido a la habitual falta de una información completa sobre cada entorno. Este problema es heredado de una de las disciplinas que convergen en la RVP: la arqueología.

Esta ciencia tiene como uno de sus pilares la elaboración de esquemas argumentativos sobre cómo pudo haber sido lo que ya no existe, y, por tanto, no se puede observar de manera

⁴ El propio concepto que se usa para definir esta característica de la RVP no está consensuado en la literatura académica, usándose términos como “guessing”, “interpretation”, “simulative reconstruction”, pudiendo usarse varias traducciones al castellano como: interpretación, hipótesis, elucubración o, la que se usa en esta tesis doctoral por considerarse más precisa: conjetura.

directa. Estas suposiciones se fundamentan en el análisis e interpretación de los restos que puede dejar cualquier cultura del pasado a través del uso de metodologías de carácter científico (Gamble, 2002). En la RVP las conjeturas aumentan su complejidad, ya que al representar el patrimonio perdido de manera minuciosa se plantean dudas que deben resolverse y cuyas respuestas no pueden fundamentarse siempre en el registro arqueológico (Barrat, 2018).

Esta circunstancia provoca que en cada proyecto haya que decantarse bien por la autenticidad histórica, que generará imágenes poco realistas o con una visualización incompleta, o bien por el realismo visual que generará, de manera inevitable, escenarios que contengan contenidos cuya adecuación histórica no puede ser asegurada, aunque pretendan aproximarse a la realidad. Esto ha provocado el rechazo de varios autores que denuncian que, desde un punto de vista arqueológico, las conjeturas históricas necesarias para la ejecución de un proyecto de RVP pueden provocar que los destinatarios tomen por verdad histórica algo que podría no ser cierto (J. T. Clark, 2010).

El problema, ampliamente debatido entre los investigadores, se ha intentado paliar con dos acuerdos de referencia que buscan el asentamiento de las bases deontológicas de esta disciplina: la Carta de Londres (2009) y los principios de Sevilla (2012). En estos acuerdos se recogieron una serie de normas deontológicas que pudiesen aplicarse de una manera pragmática y flexible a toda la disciplina, teniendo en cuenta la gran variedad de tipologías de proyectos y formatos de visualización. Estos principios han orientado la discusión científica, poniendo el foco sobre las preocupaciones mostradas por los investigadores desde los inicios de la RVP (Broucke et al., 1999). Los textos resumían varios principios centrados en la preservación del rigor histórico frente al hiperrealismo visual, la búsqueda de la transparencia en la divulgación científica y la importancia de la eficacia y eficiencia de los productos realizados para asegurar la calidad científica y sus capacidades divulgativas. Todas estas conclusiones vienen a solucionar los conflictos metodológicos que pudiesen existir entre las disciplinas implicadas en la creación de proyectos de RVP. No en vano, los historiadores buscan el máximo rigor, los comunicadores las mejores capacidades divulgativas y los informáticos la mejora de software y hardware para buscar acercarse más a una sensación de realismo visual e inmersivo.

A pesar de estos compromisos, cualquier proceso de hipótesis sobre el patrimonio perdido es un “desencadenante de preguntas sin respuesta” (Galinié, 2012) por lo que la modificación de

algunos de los factores contribuye a modificar y/o acrecentar el problema deontológico. Uno de los más importantes es la evolución de la tecnología y de las capacidades de trabajo de los investigadores y desarrolladores que cada vez consiguen resultados más cercanos al fotorrealismo (Kiourt et al., 2017; Papadopoulos, 2018). Cuanto mayor es el grado de realismo visual de un proyecto de RVP más conjetural es, porque se añade información de manera creativa, sin estar sujeta a la veracidad histórica. Aunque, por otra parte, podría resultar más atractivo para los usuarios, por lo que esta disciplina sigue teniendo presente la diatriba entre rigor histórico y realismo visual.

Las nuevas revisiones y replanteamientos de la RVP proponen que la conjetura histórica sea una fase más dentro del proceso de trabajo (Barrat, 2018) para evitar interpretaciones arbitrarias en estas reconstrucciones y no plantear que cada modelo es una propuesta cerrada y con certeza en su autenticidad (Pietroni y Ferdani, 2021). De hecho, existen autores que, incluso, proponen dejar de utilizar el término reconstrucción (Forte, 2011) porque el propio significado de la palabra puede generar confusión. Esta da a entender que se está volviendo a construir algo, pudiendo caer en la falacia terminológica (J. T. Clark, 2010) de que el modelo resultante es exactamente igual que el bien arqueológico desaparecido, sin dejar lugar a la importante fase de interpretación y conjetura histórica que existe en la mayoría de los casos.

En cualquier caso, los expertos en RVP señalan que, si se siguen unas premisas deontológicas y un flujo de trabajo adecuado, los resultados de proyectos de RVP serán siempre mejores que lo que se puedan imaginar los usuarios por su cuenta a través de la información no visual que puedan recibir. Para esto, varios autores proponen vías de registro y divulgación de los procesos referidos a la documentación y conjetura en la RVP (Fernando de Fuentes et al., 2010).

3.1.2.2 Rigor académico

En los primeros años de estudios sobre la RVP, las investigaciones solían provenir de iniciativas planteadas desde cada una de las diferentes áreas implicadas, observándose, en términos generales, una falta de trabajo común e interdisciplinar que estimulase el afianzamiento de una red académica de estudios que se apoyasen sobre otros trabajos previos (Münster, Pfarr-Harfst, et al., 2016). Es habitual que investigadores especializados en alguna de las disciplinas que forman parte

de la RVP tendiesen a soslayar las investigaciones previas del resto de materias implicadas en los proyectos de reconstrucción, avanzando de manera paralela, por separado, sin que se concretase un rigor académico común (Demetrescu y Ferdani, 2021). Es habitual, de hecho, que existan publicaciones y casos de estudio en las que sus autores principales, que pertenecen a alguna disciplina concreta, omitan la bibliografía previa de todas las demás que forman parte de la RVP y se centren únicamente en su especialidad (Der Manuelian, 2013).

En los últimos años, varios investigadores han publicado estados de la cuestión y compendios sobre la evolución de la RVP (Pietroni & Ferdani, 2021), llegando a conclusiones similares y sentando un punto de partida hasta ahora necesario. Sin embargo, siguen existiendo publicaciones, sobre todo casos de estudio, que plantean soluciones únicas y personalizadas para cada estudio, sin que sigan las pautas marcadas por los investigadores de referencia en este ámbito. Los casos de estudio suelen llegar a conclusiones similares, pero sin tener en cuenta todo el trabajo previo de otros investigadores, generando ruido en el contexto académico a base de publicar casos de estudio muy similares sin aportar novedades a la disciplina (Borodkin, 2020).

Esta falta de rigor ha sido expuesta por diversos autores (Pietroni y Ferdani, 2021), quienes han mostrado su anhelo por afianzar la RVP. De igual manera, también se ha señalado la falta de rigor académico en la propia difusión de los resultados de los proyectos de reconstrucción virtual del patrimonio (Demetrescu y Ferdani, 2021). En este aspecto, ya en 2012, se creó un compendio que buscaba sentar las bases de la transparencia en la gestión de documentación en la RVP, (Bentkowska-Kafel y Denard, 2012). También existen autores que han planteado estandarizar el proceso de difusión a través de la representación, sobre los modelos definitivos, de cuáles son los diferentes grados de evidencia histórica que se dispone, generando una escala cromática que facilite la comprensión de la hipótesis visual que plantea cada proyecto (Aparicio y Figueiredo, 2016) así como modelos de sistematización de la transparencia a través de visualizaciones que distingan las discordancias entre las fuentes documentales (Fernando de Fuentes et al., 2010).

Otro aspecto sobre el que reflexionan las fuentes es la necesidad de que el rigor académico evolucione de forma paralela al uso de esta disciplina como medio de divulgación. Los proyectos de RVP que estén orientados al público general deben centrarse en la narración y no tanto en el análisis (Pietroni y Ferdani, 2021), y esto implica que los avances académicos en la disciplina deben tener una transferencia lo más ágil y rápida posible a la sociedad. Esto contribuirá a

estimular la difusión de la RVP como herramienta divulgativa y, de este modo, la difusión retroalimentará a los avances académicos.

3.1.2.3 En busca de la estandarización metodológica

Paralelamente a la evolución académica, comenzaron a establecerse las bases de una estandarización metodológica que aunase todas las diferentes disciplinas que formaban parte de estos proyectos en busca de un sistema de trabajo específico para la RVP. Esta metodología debía integrar los diferentes procesos que intervienen en la RVP y que parten de sistemas de trabajo muy diferentes, abarcando tanto los estudios arqueológicos y su interpretación como las aproximaciones históricas y el desarrollo técnico. Existen varios autores que han publicado, desde prácticamente los orígenes de la disciplina (El-Hakim et al., 2004), metodologías bastante detalladas (Niccolucci y Hermon, 2004) (Koehl et al., 2020), aunque, habitualmente, aplicadas a casos de estudio concretos (Rua y Alvito, 2011), lo que dificulta su aplicación de manera global a toda la disciplina (Bruno et al., 2010).

El primer gran compendio que ayudó a establecer las bases para asentar la RVP fue “Virtual Archaeology: Re-Creating Ancient Worlds”, (1997) y que resumía varios casos de estudio en los que se habían utilizado diferentes herramientas y procesos para la reconstrucción de patrimonio material, desde objetos arqueológicos a núcleos urbanos completos. En este compendio cada autor resumía su experiencia, poniendo el foco en las dificultades metodológicas de cada proyecto concreto. Como conclusiones, los editores plantearon las que luego serían algunas de las cuestiones fundamentales de esta nueva disciplina:

En todos los casos es el arqueólogo quien tiene que aportar los datos. Si el objetivo es reconstruir un sitio en ruinas para mostrar cómo se veía originalmente, entonces, en última instancia, el arqueólogo es responsable de proporcionar los elementos que faltan. Si hay conjeturas involucradas, el arqueólogo hace las conjeturas. Pero ahora tiene que hacerlo de una manera lógica y estructurada y, en última instancia, más fructífera. La misma tarea de establecer una reconstrucción

por computadora obliga al arqueólogo a plantear las preguntas correctas y luego a responderlas. Todo este procedimiento hace que la reconstrucción por computadora sea una valiosa herramienta de investigación (Broucke et al., 1999).

De este modo, se puede observar cómo, desde los orígenes mismos de la RVP, los autores ya planteaban el debate fundamental que desembocaría en el consenso académico de la Carta de Londres y los Principios de Sevilla. Además, se ponía el foco en la necesidad de profundizar en una metodología propia que aunase el trabajo de arqueólogos, historiadores, comunicadores y desarrolladores.

Esta necesidad de una metodología global y consensuada ha tenido avances muy significativos en la última década. Se han detectado ciertas tendencias en las publicaciones académicas donde los investigadores siguen poniendo el foco en la búsqueda de esta estandarización de procesos de trabajo y difusión de resultados:

- Técnicas de adquisición de datos y su uso como referencia para el modelado 3D

En el ámbito de la RVP hay una importante aportación de estudios que analizan el escaneado láser y la fotogrametría como técnicas complementarias a la reconstrucción virtual. Estas técnicas obtienen modelos digitales en 3D a partir de la toma masiva de fotografías o el escaneado láser de un elemento real, que pueden ser desde pequeños objetos arqueológicos a núcleos urbanos completos (Gabellone et al., 2017). Estos procesos han sido ampliamente analizados como estrategia para la digitalización y preservación del patrimonio, pero también como una herramienta que genere información útil como punto de partida para la reconstrucción virtual de un entorno que ha sido modificado considerablemente con el paso del tiempo (Pfeiffer et al., 2013). De hecho, este es el aspecto donde habitualmente los autores ponen el foco: la explicación del proceso completo de adquisición (Yastikli, 2007), interpretación y uso como referencia de las técnicas de digitalización, aunque las últimas revisiones del estado de la cuestión profundizan en la idoneidad de estas técnicas de adquisición como fundamento para la RVP (Demetrescu y Ferdani, 2021).

- Explicación superficial del proceso técnico

Es frecuente, en los estudios provenientes de investigadores del ámbito de las humanidades y las ciencias sociales, que las publicaciones se centren en aspectos históricos, arqueológicos y culturales, explicando de manera somera la metodología de modelado. En estos casos, la RVP suele mostrarse como una disciplina formada por varias técnicas (Gabellone, 2019), más que a una especialidad propia, con su metodología particular. En estas propuestas suele haber una carencia de referencias específicas de la parte técnica, centrándose en los estudios históricos previos de cada elemento que se reconstruye (Vizcaíno et al., 2013). De este modo, siguen existiendo estudios que dan una explicación superficial de los procesos de modelado, texturizado y renderizado, sin entrar en las propias peculiaridades de la RVP y su conexión con las otras fases necesarias en estos proyectos, como la propuesta y tratamiento de las conjeturas o la divulgación posterior (Walmsley y Kersten, 2019). Existen publicaciones específicas sobre el proceso técnico (Koutsoudis et al., 2008), pero no han conseguido imponerse como referentes para ser citadas de manera masiva por los casos de estudio y los estados de la cuestión.

- Heterogeneidad tecnológica

Otro problema que afecta al desarrollo y consolidación de esta disciplina es su dependencia de la evolución tecnológica. Los dispositivos de visualización y los equipos de computación gráfica evolucionan de una manera exponencial y prácticamente imprevisible, trazando un camino que tienen que seguir los investigadores especializados en RVP (Borodkin, 2020). Esta evolución constante ha generado un panorama de heterogeneidad absoluta en el uso de hardware y software, dificultando la consolidación metodológica en la parte más técnica de esta disciplina. Varias publicaciones exploran un nuevo avance tecnológico, pero ningún sistema acaba por imponerse frente a los demás (Gabellone, 2019). Para este estudio se han detectado más de 20 softwares diferentes, descritos en los casos de estudio académicos, en la fase de modelado 3D y creación de entornos urbanos, siendo esto un contratiempo importante a la hora de buscar la estandarización metodológica ya que muchos de estos softwares ni siquiera comparten la misma base tecnológica. Los autores señalan, incluso, que la selección de software es una de las primeras decisiones que se

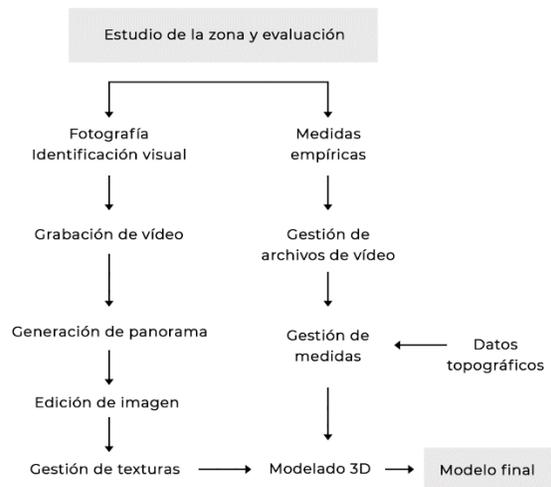
tienen que tomar en un proyecto de RVP, atendiendo a las necesidades y características del propio elemento que se pretende reconstruir.

- Estados de la cuestión sobre la RVP y su metodología

Esta situación ha evolucionado favorablemente ya que, en los últimos años, han comenzado a publicarse propuestas de metodologías que pretenden estandarizar todos los procesos de trabajo en la RVP, uniendo todas las ramas que participan en cada proyecto y planteándolas como partes integradas en un todo, no como fases independientes. Aún no hay consenso académico completo ni ninguna de las propuestas ha conseguido imponerse como referente, pero al menos existen varias iniciativas que apuntan en la misma dirección.

En 2008, el Centro de Investigación e Innovación Athena en Tecnologías del Conocimiento y la Comunicación de la Información presentaba una metodología de trabajo optimizada para proyectos de bajo presupuesto (Koutsoudis et al., 2008), denominada 3D-OSSRW, que incluía un diagrama de flujo con las diferentes fases de la RVP aunque desde un punto de vista técnico y sin atender las fases de conjetura ni las de divulgación. Esta propuesta, además, se centraba en describir un proceso basado en *software* libre, para facilitar la replicación del proceso en otros proyectos de RVP.

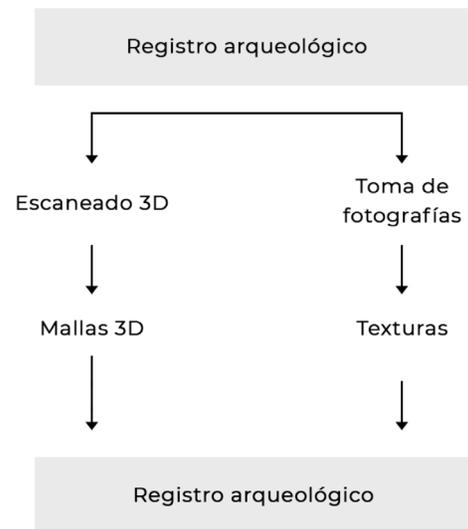
Figura 4. Propuesta metodológica 3D-OSSRW.



Fuente: elaboración propia. Adaptación y traducción del diagrama de flujo de la propuesta (Koutsoudis et al., 2008)

Dos años después, el investigador Fabio Bruno y su equipo propusieron una metodología específica (Bruno et al., 2010) que aglutinaba todas las fases implicadas en un proyecto de RVP y que se presentaba como una propuesta aplicable a otros casos de estudio. Los autores diseñaron un flujo de trabajo con tareas interconectadas que explicaba desde los sistemas de adquisición de datos, en el caso de que existiesen restos arqueológicos, hasta la propia visualización de los resultados en realidad virtual. En este sistema aún no se incluía la fase de interpretación de la documentación.

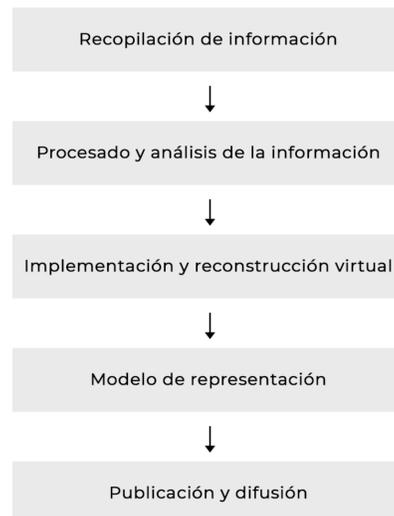
Figura 5. Esquema de la estructura de investigación de esta tesis doctoral.



Fuente: elaboración propia a partir de una sección y traducción del diagrama de flujo (Bruno et al., 2010).

Entre 2015 y 2021 se desarrolló otra metodología que ha sido testada en varios casos de estudio, denominada matriz extendida de cinco puntos (Demetrescu y Ferdani, 2021). Se trata de un proceso que pretende tanto agrupar como sistematizar procedimientos de trabajo aplicables a todas las fases de proyectos de RVP. Este flujo de trabajo se distribuye en cinco pasos que extienden el enfoque técnico que hasta entonces habían tenido las metodologías propuestas como base para el trabajo conjunto de las diferentes áreas de la RVP.

Figura 6. Matriz extendida de cinco puntos.



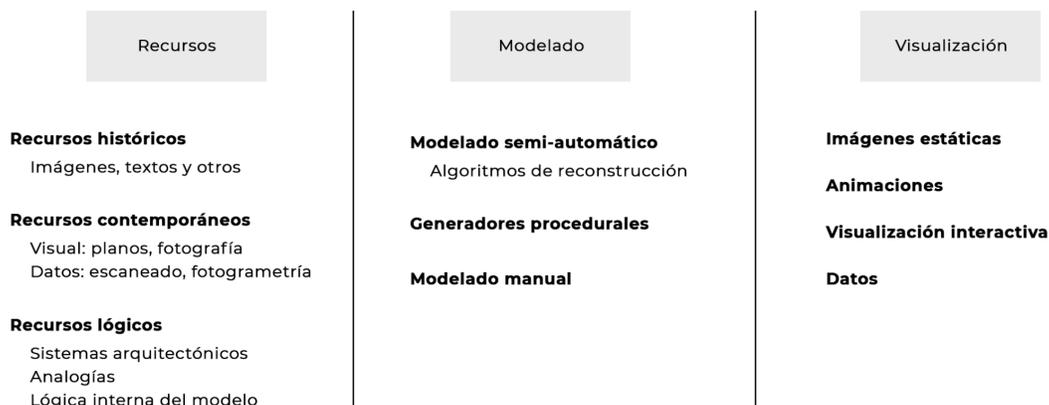
Fuente: elaboración propia a partir de la original (Demetrescu y Ferdani, 2021).

De este modo se abarcan todas las etapas del proceso de creación de reconstrucciones virtuales, partiendo de la propia información y aportando soluciones para la divulgación del proyecto una vez finalizado. Una de las claves que proponen los autores para la eficacia de este protocolo es estimular la discusión entre los miembros del equipo para garantizar la calidad de las decisiones. El diseño de esta metodología se ha sustentado en varios proyectos de investigación basados en casos de estudio, de los que se fueron extrayendo conclusiones que influyeron en la conceptualización de la matriz extendida de cinco (Demetrescu et al., 2016).

Otra propuesta, más centrada en el aspecto divulgativo, es la de las aproximaciones a partir de modelos alternativos del investigador Robert Peter Barratt. Se basa en la transparencia sobre la fase de investigación histórica y su difusión junto a los resultados visuales, así como en la inclusión de la posibilidad de actualizar cualquier proyecto de RVP si se encuentra más información sobre un bien cultural concreto (Barratt, 2018). Propone el término aproximaciones como sustituto a reconstrucción virtual, basándose en que aporta un matiz menos taxativo sobre el rigor histórico de un modelo 3D.

El investigador Sandor Münster ha publicado una serie de reflexiones sobre los flujos de trabajo en la reconstrucción virtual del patrimonio (Münster, 2022) y ha realizado clasificaciones de las fases de trabajo, dividiéndolas en tres grandes bloques: recursos, desarrollo y visualización. En sus investigaciones aborda cada una de las fases por separado, señalando la importancia de la fase de conjetura y toma de decisiones (Münster, 2013).

Figura 7. Esquema de clasificación de las fases de RVP.



Fuente: elaboración propia a partir del esquema de clasificación de las fases de RVP (Münster, 2013) .

Teniendo en cuenta el problema de falta de estandarización metodológica, el investigador Mieke Pfarr-Harfst realizó un análisis de 20 casos de estudio de RVP (Pfarr-Harfst, 2016) para establecer, al menos, unas pautas comunes en el flujo de trabajo. El autor planteó una guía de doce pasos que tiene varios puntos en común con las otras propuestas metodológicas, aunque establece como conclusión que se requiere más investigación para poder crear unas líneas generales que se puedan aplicar a toda la casuística de esta disciplina.

En el año 2021 los autores Eva Pietroni y Daniele Ferdani publicaron un ambicioso compendio sobre el estado de la cuestión de la RVP (Pietroni y Ferdani, 2021) con una perspectiva desde el ámbito de la restauración del patrimonio. En este estudio hacen hincapié en el dilema entre realismo visual y rigor histórico y plantean que la metodología de trabajo es tan diversa, según la tipología de proyecto, que lo ideal es centrarse en buscar más bien un protocolo flexible, en el que las fases de trabajo estén fuertemente ligadas a la perspectiva histórica de la RVP. Los autores proponen varias fases: recogida de datos, documentación, procesado/interpretación, creación de la hipótesis virtual y transparencia en la difusión, siendo, en cierta medida, etapas concordantes con las anteriormente explicadas, lo que sugiere que esta anhelada estandarización metodológica se acerca.

3.1.3 Optimización de recursos

Aunque esta disciplina avanza hacia la consolidación académica y metodológica, existe un campo de trabajo que no suele ser foco de atención de los investigadores y que es muy necesario para implementar la transferencia de resultados a la sociedad: la eficiencia en el uso de recursos y su asequibilidad. Las investigaciones sobre RVP suelen tener una perspectiva académica, con un enfoque orientado a la tecnología, la didáctica o los estudios históricos, pero los investigadores parecen fijarse menos en la mejora de la transferencia de estos conocimientos desde un enfoque pragmático. Esto implica la necesidad de estudiar la optimización de recursos en la RVP ya que los propios académicos fueron los que decidieron incluir un capítulo sobre la eficiencia en los Principios de Sevilla:

El concepto de eficiencia aplicada al campo que nos ocupa pasa inexorablemente por lograr una ajustada sostenibilidad económica y tecnológica. Usar menos recursos para lograr cada vez más y mejores resultados será la clave de la eficiencia. (*The Seville Principles. International Principles of Virtual Archaeology*, 2012)

El desarrollo de proyectos de RVP suele tener un coste de recursos elevado (Matthys et al., 2021) y esto puede limitar su aplicación masiva a la divulgación social del patrimonio, ya que muchas entidades e instituciones no pueden permitirse asumir estos costes. Es habitual que en los proyectos académicos sobre RVP no se traten aspectos económicos y son pocos los que se preocupan por la optimización de recursos (Fondazione et al., 2009). De aparecer menciones a la asequibilidad, la eficiencia o la adecuación a unos recursos suele ser como un punto de partida previo (Koutsoudis et al., 2008) o como una conclusión (Bruno et al., 2010), sin que se haya profundizado en la influencia de este condicionante en la definición de la metodología. Este interés sí que es más acuciante en otros campos de trabajo paralelos, como la adquisición a través de fotogrametría o escaneado láser, en los que existe una línea de investigación más abundante que busca metodologías optimizadas para el ahorro de recursos (Bernardini y Rushmeier, 2002) (Raimundo et al., 2018). La optimización de recursos también es una cuestión imperante fuera del ámbito académico, y es uno de los objetivos marcados por la Unión Europea en varias de sus iniciativas de difusión del patrimonio cultural a través de la RVP (Münster, Pfarr-Harfst, et al., 2016).

Dentro esta disciplina, una línea de investigación que sí se centra en la optimización de recursos es el modelado de espacios urbanos a partir de técnicas procedurales y de modelos paramétricos (Haegler et al., 2009). Estos estudios, provenientes del campo de la computación gráfica, buscan el desarrollo de sistemas que permitan reconstruir virtualmente núcleos urbanos de forma automatizada utilizando la denominada inteligencia artificial generativa procedural (Saldana, 2015). Estos sistemas requieren un planteamiento de parámetros y variables iniciales

que serán procesadas para la generación de una propuesta de reconstrucción virtual de manera semiautomática.

Este tipo de modelado ha sido puesto a punto por varios investigadores desde una etapa muy temprana en la evolución de la RVP. Destaca el papel del investigador Bernard Frischer y su equipo en el caso de estudio de Roma Reborn (Dylla et al., 2008), en el que publicaron una serie de investigaciones sobre el modelado procedural de barrios completos en la reconstrucción virtual de Roma en el período de la antigüedad clásica. Desde entonces, son varios los estudios que han tratado de aplicar técnicas procedurales y paramétricas (Kadi y Anouche, 2020), llegando a conclusiones dispares. Hay autores que señalaban que el modelado tradicional era ineficiente y no podía abarcar la creciente demanda de reconstrucciones virtuales, por lo que auguraban que la automatización a través de modelos paramétricos era la única opción viable de futuro (Rodrigues et al., 2012).

Actualmente, la RVP a partir de modelado procedural se postula como un ámbito de trabajo prometedor (Hu y Qin, 2021), aunque aún se necesitan más investigaciones para que sea algo más que una promesa, ya que se necesitaría desarrollar un sistema que permita abarcar todas las tipologías urbanísticas y que se pueda aplicar automáticamente a cualquier núcleo urbano, de cualquier civilización en cualquier época histórica. En cuanto al modelado 3D manual, es poco frecuente que en publicaciones académicas se definan metodologías adaptadas a la disposición de recursos, siendo la eficiencia en el proceso de trabajo algo que, o se da por hecho, o, directamente, se obvia.

Los proyectos de RVP pueden presentar características muy singulares que determinan cómo debe ser el flujo de trabajo óptimo para su desarrollo (Pfeiffer et al., 2013). El primer condicionante que se debe tener en cuenta es la cantidad de recursos que se disponen para llevar a cabo el proyecto, ya que hay decisiones que pueden suponer incrementos insostenibles en la cantidad de esfuerzo que requiere cada uno (Münster, Pfarr-Harfst, et al., 2016).

Sin embargo, no es frecuente que los estudios hagan mención directa a los recursos concretos que se han invertido en cada proyecto de RVP, lo cual debería considerarse como un factor imprescindible para valorar el correcto funcionamiento de una metodología. De incorporarse información sobre el uso de recursos suele ser en el apartado de resultados o conclusiones (Koutsoudis et al., 2008), sin tener en cuenta que los recursos que se disponen para la realización

de un proyecto deberían considerarse en la primera fase de la metodología, junto con la recogida de datos. Aparte de la búsqueda de la eficacia y la eficiencia, la propia distribución de recursos condiciona las futuras decisiones que se deberán tomar a lo largo de todo el flujo de trabajo. No obstante, los autores que investigan sobre los flujos de trabajo y metodologías específicas de RVP sí que hacen mención específica al presupuesto como una fase más del proyecto, pero sin especificar su vinculación con el resto de fases posteriores (Münster, 2013).

3.1.4 El nivel de detalle de los modelos 3D

Cada núcleo urbano puede ser reconstruido con más o menos detalle, desde un modelado muy sintético (Chevrier, 2015) en el que los edificios sean poco más que volúmenes sencillos (Nakaya et al., 2004) hasta un resultado fotorrealista (Rascón Marqués y Sánchez Montes, 2005), que llega a una representación muy detallada de las estructuras urbanas y constructivas. El detalle de los modelos tiene una relación directa con el acabado visual pero también con los recursos necesarios para su desarrollo.

Figura 8. Ejemplo de dos reconstrucciones virtuales en dos niveles de detalle, con una ampliación (a la derecha) para mostrar la diferencia de resolución.



Nota: Arriba: Convento de San Pablo (Burgos) en el s.XV. Abajo: Palacio Arzobispal de Burgos en el s.XIX. Fuente: elaboración propia.

Este ámbito de estudio no solamente es relativo a la RVP, sino que es ampliamente utilizado en las publicaciones sobre representación gráfica del urbanismo en general (Biljecki, 2013), incluso desde los albores de la representación digital (Gruber et al., 1995). En la computación gráfica, los niveles de detalle son analizados como una forma eficiente de gestión de

recursos, tanto en la fase de desarrollo como en la de visualización (Luebke et al., 2003), y permiten que un proyecto pueda adaptarse a su presupuesto, cantidad de información y requisitos técnicos. Los niveles de detalle han sido ampliamente estudiados desde otras áreas de conocimiento, pero en la RVP aún no existen estándares para determinar su uso, lo que es necesario debido al factor histórico, que influye de manera determinante en el desarrollo de un proyecto.

A fin de cuentas, el nivel (o niveles) de detalle que tenga un modelo determinado es una decisión que se debe tomar en las fases más iniciales de un proyecto de RVP (Münster, 2013), y que tendrá consecuencias relevantes en su desarrollo, condicionadas por estos factores principales:

3.1.4.1 La cantidad de información disponible

Los Principios de Sevilla y la Carta de Londres determinan que en los casos en los que existan vacíos de información importantes no se deberían realizar modelos hiperrealistas, ya que cuanto más alto sea el nivel de detalle más impreciso va a ser el rigor histórico (Pietroni y Ferdani, 2021). Esta incertidumbre puede resolverse a partir de la búsqueda de acabados no realistas (Strothotte et al., 1999), siendo, una posibilidad, los niveles de detalle más esquemáticos. Esto significa que hay núcleos urbanos que, de ser reconstruidos virtualmente, deberían realizarse de manera sintética, mostrando pocos detalles y permitiendo ver poco más que el eco del urbanismo del que se tiene constancia. La falta de disposición de información puede equilibrarse con un nivel de detalle sintetizado, el cual tiene, además, un proceso de desarrollo que requiere menos recursos, por lo que puede ser una buena solución para los conjuntos urbanos cuyo pasado histórico pretende ser representado sin que se disponga de mucha información ni medios económicos.

3.1.4.2 La adaptación a los requisitos de software

Cada software de desarrollo y visualización de gráficos por computador ha tenido, o tiene, una potencia determinada que le permite trabajar con modelos tridimensionales más o menos complejos, atendiendo a la cantidad de polígonos que son procesados en tiempo real. Ya desde el

inicio de la computación gráfica, los autores planteaban el uso de diferentes resoluciones geométricas para que se pudiesen generar imágenes digitales con la tecnología del momento (J. H. Clark, 1976). Esta cantidad de polígonos que pueden ser procesados ha condicionado el realismo visual de las reconstrucciones virtuales y del modelado 3D en general (Stoter et al., 2012), y es habitual que los requisitos de software sean los más mencionados en las publicaciones que tratan los niveles de detalle (Münster, 2022). Si los requisitos técnicos lo precisan, se pueden incluir diferentes niveles de detalle en un modelo 3D para garantizar que se pueda adaptar al formato de visualización. La multirresolución es particularmente relevante en la RVP de núcleos urbanos, ya que la existencia de un número elevado de estructuras que comparten tipología formal facilita el modelado en diferentes niveles de detalle (Biljecki, 2013) y que la existencia de varias distancias de visionado desde el punto del observador permite que se apliquen diferentes escalas de resolución, siendo esto estudiado por los autores como parte de la denominada dimensión de escala (van Oosterom y Stoter, 2010). Esta distribución de varios niveles de detalle puede utilizarse para la eficiencia de los recursos utilizados en el modelado de las estructuras urbanas, dedicando menos tiempo de desarrollo a los elementos que menos se ven o más lejos están. Por ello, han sido estudiados tanto desde su implicación en los softwares de desarrollo (Bacigalupo y Cessari, 2003), como en los del formato de visualización (Donadio et al., 2018; Koehl et al., 2020), siendo habitual la conclusión de que se debe optimizar la cantidad de polígonos y el tamaño de texturas para adecuarse a unos requisitos técnicos, sean estos los que sean.

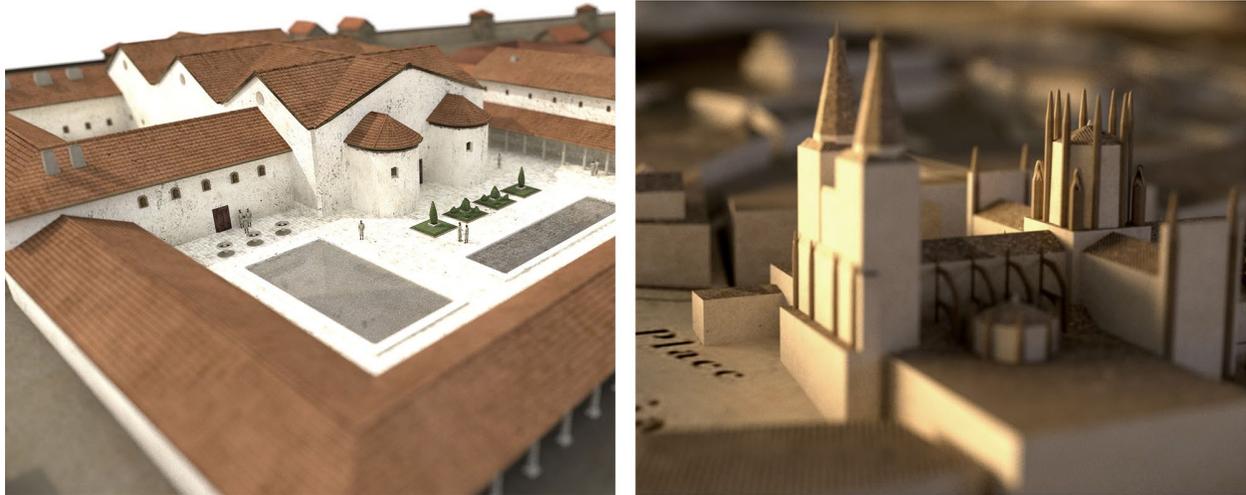
En la actualidad, la evolución de *hardware* y *software* ha provocado que los niveles de detalle vayan perdiendo relevancia en su aspecto técnico, ya que cada vez es más viable el tratamiento de cantidades masivas de polígonos y texturas. Aunque siguen existiendo, y apareciendo, formatos como la realidad virtual o la realidad aumentada que sí que requieren una adaptación, o bien, multirresolución, para que los resultados sean procesables a través de los dispositivos disponibles en la actualidad. Esta perspectiva técnica ha propiciado varios estudios sobre los niveles de detalle desde perspectivas ajenas a la RVP pero que son aplicables a esta disciplina, aportando un nuevo punto de vista orientado más a su función estética e histórica que geométrica.

3.1.4.3 Estética visual

La RVP, como técnica de representación gráfica, puede orientarse hacia un acabado fotorrealista o, en cambio, presentar una estética que busque intencionalmente alejarse del realismo visual (Sayeed y Howard, 2006). La elección de estéticas no realistas presenta varias ventajas, como la flexibilidad técnica en el método de modelado y visualización, llegando a reducir los tiempos de desarrollo, así como la posibilidad de presentar un acabado con más libertad artística, que pueda suponer un resultado más atractivo (Pietroni y Ferdani, 2021).

Como desventaja principal, las estéticas no realistas podrían distraer la atención de los espectadores más hacia el continente que al contenido, siendo esto perjudicial para los objetivos divulgativos de la RVP (Münster, 2022), aunque podría también darse el paradójico caso contrario: que los niveles de detalle más fotorrealistas pueden conllevar una sobrecarga de información (Boer et al., 2009) lo que también puede conllevar una distracción que distorsione la capacidad de aprender (Strothotte et al., 1999).

Figura 9. Reconstrucción virtual de la Legio VII (León) en el s.I y de la Catedral de Burgos en el s.XIX.



Nota: ejemplo de dos proyectos con un detalle similar en los que el primero busca el realismo visual y el segundo una estética no realista. Fuente: elaboración propia.

La estética visual influye en el nivel de detalle ya que puede utilizarse de manera deliberada para contrarrestar la falta de atractivo visual de los modelos que han sido desarrollados con baja resolución, sea esto por la falta de información, adaptación a un software o a la habilidad del equipo de modelado.

3.1.4.4 Clasificación de niveles de detalle

La literatura científica de la RVP y de la representación gráfica del urbanismo hacen frecuentemente referencia a los niveles de detalle, pero más como una decisión técnica que histórica o artística. Existen propuestas, provenientes de la representación de núcleos urbanos para arquitectura, que son habitualmente citadas por los investigadores de RVP, e incluso hay propuestas metodológicas (Pfarr-Harfst, 2016) que mencionan la selección de niveles de detalle como una fase más del flujo de trabajo en reconstrucción virtual de núcleos urbanos, aunque sigue necesitándose una clasificación específica atendiendo a las características de la RVP (Münster, Hegel, et al., 2016).

Los niveles de detalle en la representación gráfica de entornos urbanos han sido estudiados desde diferentes perspectivas, habiéndose intentado diferentes clasificaciones específicas para varias áreas de conocimiento (Biljecki, 2013). La iniciativa que ha pretendido crear un estándar con más presencia en el ámbito académico es la Geography Markup Language (CityGML) (Tang et al., 2020), que plantea una clasificación basada en geometría, pero orientada a representación de volúmenes y no de entornos que aspiren a tener un acabado fotorrealista. Los investigadores de diferentes ámbitos han propuesto estas clasificaciones de niveles de detalle buscando referencias en la escala, precisión y detalle, pero no tanto en el atractivo visual o la sensación de fotorrealismo, siendo, habitualmente, la resolución de la propia topología la que se toma como valor mensurable de cada categoría. Esto implica que las clasificaciones existentes hasta la fecha no acaben de ser prácticas en la RVP por su falta de adaptación a cada tipología de construcción y cada época histórica.

Figura 10. Clasificación de CityGML de niveles de detalle en modelado de entornos urbanos.



Nota: puede apreciarse la diferencia en la resolución de los modelos, desde simples planos a modelos detallados que incluyen hasta el interior de los edificios. Tomado de (Biljecki et al., 2016).

Las clasificaciones, a menudo, son ambiguas (Biljecki et al., 2014) precisamente por la dificultad de acotar conceptos complejos y variables subjetivas. Han existido propuestas para la aplicación de estas categorías en el ámbito de la RVP (Borra, 2000), pero han obtenido poca relevancia académica por lo que la estructuración en diferentes niveles no ha contado, hasta día de hoy, con un estándar claro en el ámbito de la RVP.

El investigador David Borra señala la importancia de la elección del nivel de detalle, al igual que la estética, de cada proyecto en la misma fase inicial del desarrollo y defiende que, para esta decisión, deben participar de manera coordinada los responsables de la documentación histórica, los modeladores y los comunicadores. Los asesores históricos serán los responsables de decidir el nivel de detalle atendiendo a la información disponible, los modeladores según los recursos que se dispongan y los comunicadores según el público objetivo (Borra, 2000). Teniendo en cuenta esto, Borra define tres niveles condicionados por la habilidad del equipo de trabajo, la disposición de información y el acabado visual que se pretende conseguir.

Otros autores han explorado la optimización de sistemas de trabajo en niveles de detalle volumétricos, como la investigadora Christine Chevrier que planteó y aplicó una metodología específica para RVP de bajo nivel de detalle (Chevrier, 2015), uniendo, así, la búsqueda de la eficiencia en el coste de recursos con los niveles de detalle. No obstante, es más frecuente encontrar, en la literatura académica, referencias a los niveles de detalle más realistas (Papadopoulos, 2018), ya que un núcleo urbano desarrollado con alto nivel de detalle no deja de ser un conjunto de edificios, por lo que existe más literatura científica sobre metodologías de RVP

específicas para edificios (Gabellone, 2006) que para núcleos urbanos comprendidos como un todo.

Teniendo en cuenta estas premisas, se plantea que la profundización sobre los diferentes niveles de detalle es necesaria para la expansión de la aplicación de la RVP de núcleos urbanos en la sociedad, sobre todo en los casos en los que se cuente con pocos recursos o poca información histórica. Estas investigaciones pueden apoyarse en otras ya publicadas en otros ámbitos, como la reconstrucción virtual de artefactos (Raimundo et al., 2018), las de adquisición por fotogrametría (Bernardini y Rushmeier, 2002) o escaneado láser, e, incluso, en otras áreas que utilizan la generación de gráficos por computador (Webster, 2017) ampliando sus resultados al caso de los núcleos urbanos. En el siguiente apartado de este estado de la cuestión se planteará una nomenclatura y de clasificación niveles de detalle para su aplicación en RVP que sirvan como referencia para futuros análisis sobre la adecuación de cada nivel de detalle a cada caso de estudio, basada en las clasificaciones propuestas por David Borra y Filip Biljecki.

Teniendo en cuenta el gran potencial divulgador de esta disciplina y la importancia que tiene la distribución de recursos en su ejecución, son necesarios más estudios que exploren metodologías de modelado de entornos urbanos de una manera eficiente, aunque el nivel de detalle sea reducido. Esto permitiría aumentar el número de reconstrucciones virtuales disponibles, lo que ayudaría a la consolidación de esta disciplina en su uso social como herramienta de divulgación del patrimonio, que requiere, necesariamente, aumentar su asequibilidad (Walmsley y Kersten, 2019).

3.2 La reconstrucción virtual de núcleos urbanos en España

Una vez que esta nueva disciplina se fue asentando en el entorno académico comenzó la transferencia de sus resultados de investigación a la sociedad. En la década de los noventa y los primeros años de la década de los dos mil se realizaron varios proyectos de RVP de núcleos urbanos en España planteados con fines académicos y de investigación, pero ya con una intención divulgativa y una aplicación práctica (Gutiérrez et al., 2004). Para comprender la transferencia sobre los avances en la RVP que se está llevando a cabo desde la academia a la sociedad se deben tener en cuenta los factores que influyan en el proceso, siendo, uno de los que definen esta aplicación práctica, su propio contexto social. Por tanto, este bloque del estado de la cuestión analizará la situación del uso de la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos en España.

3.2.1 Análisis de los proyectos de RVP de núcleos urbanos en España

Debido a la falta de información específica sobre el estado de la cuestión de la RVP en España se ha realizado un registro de los proyectos realizados en el territorio nacional desde los orígenes de esta disciplina hasta la actualidad. Se trata de un análisis cuanto menos ambicioso, pero también necesario, ya que no existe, en la actualidad, un observatorio funcional de la difusión del patrimonio español, y las diferentes bases de datos, de existir, lo hacen a nivel autonómico y sin cohesión nacional (Bellido Gant, 2008). Para que este registro sirva para la extracción de conclusiones a partir del análisis estadístico se han identificado únicamente los proyectos divulgativos y desarrollados por equipos de trabajo españoles.

3.2.1.1 Filtros de selección

Se han acotado los proyectos registrados, siendo excluidos los que cumplían las siguientes condiciones:

- Los desarrollados por equipos españoles sobre yacimientos en el extranjero.

Varias de las entidades identificadas como desarrolladoras de proyectos de RVP españolas han participado en numerosas reconstrucciones de núcleos urbanos en otros países. Esto complica tanto el registro de estos trabajos como la extracción de conclusiones aplicables al estado de la cuestión en España, al depender estas iniciativas, habitualmente, de otras administraciones públicas o iniciativas privadas. Por tanto, se han desestimado estos casos, aunque se ha tenido en cuenta esta circunstancia, ya que implica que existen equipos de trabajo españoles que podrían desarrollar más proyectos en el país, debiendo identificar el porqué de esta situación.

- Los proyectos desarrollados con fines ajenos a la divulgación.

El análisis planteado en este estudio busca comprender la situación actual de la RVP en el contexto de la divulgación, con su propia idiosincrasia, tanto en aspectos técnicos como económicos y políticos. De este modo no se han incluido proyectos desarrollados para otros fines, como la ficción audiovisual, los videojuegos u otros fines recreativos.

- Proyectos de RVP llevados a cabo en el ámbito académico.

Existen varios proyectos que sirven como complemento en publicaciones científicas, sobre todo en el ámbito de la historia y la arqueología, pero que no han contado con una difusión más allá de la académica. Se excluyen estos proyectos porque sus objetivos y proceso de desarrollo son demasiado diferentes al resto de casos analizados y podrían desvirtuar las estadísticas.

- Los núcleos urbanos que en su día formaron parte de España pero que actualmente se ubican de otro estado.

Los territorios bajo soberanía española han cambiado considerablemente en los últimos cinco siglos, haciendo complicada la identificación de todas las reconstrucciones virtuales de núcleos urbanos contextualizadas en algún momento del antiguo Imperio Español. Además, estos proyectos han dependido de la financiación y ejecución de otras instituciones extranjeras, por lo

que los posibles datos extraídos de este análisis podrían distorsionar las conclusiones a partir de la estadística.

- Proyectos desarrollados por entidades extranjeras

Se desestimó la inclusión de proyectos desarrollados por iniciativa de entidades de otros países, tanto por la complejidad de abarcar todas las posibles iniciativas como por la ausencia de relación con los factores determinantes en este objeto de estudio: la Administración Pública y los equipos de trabajo españoles, aunque el número de estos proyectos era limitado comparado con el total de casos de estudio.

- Los yacimientos reconstruidos digitalmente a partir de fotogrametría sin conjetura histórica ni modelado 3D.

Actualmente, los yacimientos arqueológicos digitalizados con fotogrametría han aumentado exponencialmente, siendo muy complicado realizar un censo completo. Además, esta técnica solo genera una réplica digital de los restos que se conservan en la actualidad y no necesitan un desarrollo técnico por parte de un equipo multidisciplinar, por lo que no se consideran parte del muestreo necesario para comprender la RVP de núcleos urbanos en España. Esto ha supuesto un problema en el registro de proyectos por el habitual uso erróneo de la terminología por parte de los investigadores, ya que es frecuente, hasta en publicaciones académicas, que se denomine reconstrucción virtual a lo que solo es una digitalización a partir de fotogrametría.

- Núcleos urbanos contemporáneos

Se han seleccionado únicamente reconstrucciones virtuales históricas, sobre entornos que han desaparecido o han evolucionado considerablemente a lo largo del tiempo. De este modo se han descartado todas las reconstrucciones de entornos actuales, aunque hayan sido modeladas digitalmente en lugar de ser con fotogrametría.

- Proyectos no profesionales

Se excluyen proyectos desarrollados por aficionados o que no estén basados en un análisis histórico y arqueológico sólido, ya que no están condicionados por las premisas de este estado de la cuestión, no estando afectados ni por la financiación ni por los equipos de trabajo especializados en la RVP.

- Reconstrucciones virtuales de edificios

Se excluyen las reconstrucciones virtuales de edificaciones individuales, ya que este estudio se centra en núcleos urbanos, siendo dos tipologías que, aunque *a priori* puedan parecer similares, tienen unas diferencias considerables. Se recogerán, únicamente, los conjuntos históricos que estén formados por varios elementos constructivos.

3.2.1.2 Metodología de búsqueda y extracción de información

Una vez determinadas las condiciones de selección de proyectos de RVP se diseñó una metodología de búsqueda y adquisición de información. Esta búsqueda es compleja porque no existe ninguna base de datos hasta la fecha que incorpore estos proyectos y la información está dispersa, debido a la heterogeneidad de entidades que pueden tener la iniciativa de RVP (Bellido Gant, 2008). Cada entidad de donde había partido la iniciativa de creación de una RVP o cada productora usa sus propios canales de comunicación según la difusión que pretendan darle al proyecto. Este registro se realizó siguiendo estos pasos:

- Búsqueda por palabras

La terminología técnica sobre la RVP está consolidada a nivel académico (Pietroni y Ferdani, 2021), pero es frecuente que se use de manera inadecuada en la difusión o comunicación de los proyectos. Se buscaron varios términos que permitiesen extraer datos sobre proyectos que no tuviesen sus propios canales de difusión online: *reconstrucción virtual, arqueología virtual, recreación, maqueta, 3D, virtual, pasado, histórica, holograma, realidad aumentada, infográfica,*

ilustración, dibujo, así era, representación. Estos términos se buscaron de manera combinada con otros de carácter geográfico, como: “*España, español*” o el nombre de cada provincia, comunidad autónoma y ciudades más pobladas, tanto en la actualidad como en otras épocas pasadas. Se utilizó el motor de búsqueda Google y el censo fue realizado entre octubre de 2020 y enero de 2021.

- Recopilación de entidades y profesionales dedicadas a la RVP

Las empresas dedicadas a la producción técnica de los proyectos de RVP tienen una incipiente presencia *online*, probablemente por la necesidad de dar a conocer su trabajo con fines promocionales. Estas empresas y profesionales autónomos dedicados a la RVP se encontraron, aparte de la búsqueda online, en la Asociación Nacional de Dibujantes e Ilustradores de Arqueología (ADARQ), la plataforma Sketchfab, y las redes sociales profesionales ArtStation y LinkedIn. Cada una de las empresas y profesionales identificadas permitían ampliar la información al recopilar proyectos de sus *portfolios* de trabajo, que en ocasiones no habían aparecido en la búsqueda por palabras.

De este modo se realizó una búsqueda y selección de proyectos, los cuales, en muchos casos, apenas habían tenido difusión más allá de su propio punto físico de divulgación, complicando su búsqueda y registro.

Tras determinar estos criterios de selección y aplicar la metodología de búsqueda se identificaron 147 proyectos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos desarrollados entre los años 2007 y 2021.⁵ Se acotó este margen temporal debido a la pandemia de la COVID-19 que, necesariamente, influiría a partir del año 2021 tanto en la financiación como la ejecución de proyectos de RVP, desvirtuando los resultados. Se han considerado los del año 2020 ya que, habitualmente, la fecha de registro es la de presentación a la sociedad, lo cual suele ser varios meses después del comienzo del trabajo.

⁵ Se incluye la base de datos en los anexos.

3.2.2 Resultados del análisis

Se ha extraído información, tanto cualitativa como cuantitativa, de estos proyectos para poder obtener resultados concluyentes sobre el estado de la cuestión, atendiendo a los siguientes factores:

3.2.2.1 Año de desarrollo

Conocer el año de desarrollo de los proyectos de RVP puede ayudar a esclarecer las hipótesis planteadas a partir de las conclusiones de los anteriores resultados. La evolución temporal explicaría cómo el asentamiento de la disciplina, con el tiempo, influiría tanto en el interés de los entes financiadores como en la disposición de equipos de trabajo especializados. Para la elaboración de esta gráfica no se han tenido en cuenta los proyectos divulgativos que presentaban la reconstrucción de varios núcleos en el mismo año ya que estos datos suponían una desviación que distorsionaba el resto de registros. Se ha identificado el siguiente número de proyectos por cada año:

Figura 11. Número de proyectos desarrollado cada año en España.



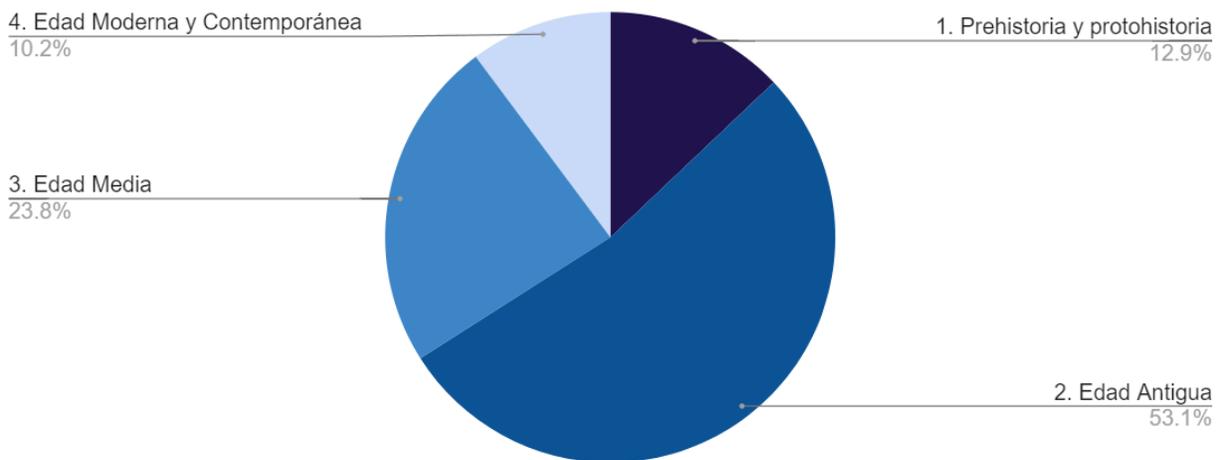
Fuente: elaboración propia.

Como era esperable, el número de proyectos desarrollados aumenta anualmente de forma paulatina y constante, llegando a la situación de que solo en 2020 se desarrollaron el doble de proyectos que en 2017. Esto podría anticipar que nos encontramos en plena evolución en cuanto a la aplicación de la RVP en la divulgación del patrimonio y cabría esperar que este incremento continúe en el tiempo, lo que se espera que sea confirmado en el futuro con la actualización de esta base de datos. Este crecimiento podría sugerir tanto que existe un creciente interés por parte de las administraciones públicas por la RVP o bien, que van aumentando los recursos humanos que posibilitan estos proyectos o bien una combinación de ambas razones.

3.2.2.2 Periodización histórica

Se registró la época histórica en la que se contextualizaban las reconstrucciones virtuales. Se siguió la periodización de la historia clásica occidental, agrupando las reconstrucciones virtuales en las siguientes etapas:

Figura 12. Periodización histórica de los proyectos registrados.



Fuente: elaboración propia.

- Prehistoria, Protohistoria⁶ (12,9%) y Edad Antigua (53,1%)

Se han agrupado, en el mismo bloque, todos los núcleos urbanos reconstruidos virtualmente de las diferentes civilizaciones y pueblos que habitaron los territorios del actual estado español hasta la caída del Imperio Romano. Este bloque se ha formado por las similitudes morfológicas y contextuales. Así, se agrupan las reconstrucciones virtuales de poblamientos de la Edad del Bronce, Edad del Hierro y todas las civilizaciones, tanto aborígenes como foráneas que construyeron núcleos urbanos en la Península Ibérica. Es reseñable su alto porcentaje sobre el total de los casos analizados, ya que, teniendo en cuenta que son los yacimientos más antiguos, *a priori* deberían ser menos habituales, puesto que el paso del tiempo podría haber afectado más a la destrucción de sus restos.

Tras el análisis cualitativo de los diferentes casos para buscar respuesta a esta paradoja, se propone la hipótesis de que el interés de investigadores e instituciones por estos yacimientos corresponde a los siguientes factores:

- *Yacimientos de poblamientos abandonados*

Hay dos procesos en estas épocas y en la península ibérica que influyeron en la desocupación de núcleos urbanos completos con su consecuente abandono: la romanización y la crisis político-social tardo-imperial. En el proceso de conquista romana fue habitual la ocupación de poblaciones preexistentes, expandiendo la asimilación de costumbres y cultura romanas (Bendala Galán, 2005), aunque este caso tuvo sus excepciones; varias poblaciones fueron desocupadas permanentemente, bien por migración de sus pobladores frente al avance romano (González Gómez et al., 2018) u otras por destrucción sistemática (Jimeno y Chaín, 2017). Este hecho comparte similitudes, unos siglos después, con el proceso de reestructuración del urbanismo consecuencia de la crisis político-social tardoimperial (Arce, 1988), que supuso que bastantes

⁶ La categorización de cada civilización como prehistórica o protohistórica puede ser ambigua, ya que la periodización convencional solo puede entenderse como una estructuración en fases de lo que, realmente, fue un *continuum* histórico. Por tanto, se han agrupado en este bloque todos los poblamientos anteriores a la romanización, fuera cual fuese su nivel de avance tecnológico o cultural.

núcleos poblacionales hispanorromanos de tamaño considerable quedasen deshabitados o, al menos, perdiesen buena parte de su población (García de Cortázar, 1985).

De este modo, en la Prehistoria, Protohistoria y Edad Antigua, era más frecuente que núcleos urbanos completos pasasen a despoblarse y convertirse, con el tiempo, en yacimientos arqueológicos, ya que se han conservado sus restos en el subsuelo durante siglos, permitiendo realizar excavaciones sistemáticas que aportan información sobre un momento preciso de su historia evolutiva, en concreto, su final.

El hecho de que estos despoblamientos de núcleos urbanos anteriores a la Edad Media hayan prevalecido como yacimientos arqueológicos independientes implica su posterior clasificación y protección, por lo que pasan a estar contemplados dentro de los planes de desarrollo del IPHE y de cada comunidad autónoma. La propia Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español regula lo siguiente sobre los conjuntos históricos:

1. En los instrumentos de planeamiento relativos a Conjuntos Históricos se realizará la catalogación, según lo dispuesto en la legislación urbanística, de los elementos unitarios que conforman el Conjunto, tanto inmuebles edificados como espacios libres exteriores o interiores, u otras estructuras significativas, así como de los componentes naturales que lo acompañan, definiendo los tipos de intervención posible. A los elementos singulares se les dispensará una protección integral. Para el resto de los elementos se fijará, en cada caso, un nivel adecuado de protección.

2. Excepcionalmente, el Plan de protección de un Conjunto Histórico podrá permitir remodelaciones urbanas, pero sólo en caso de que impliquen una mejora de sus relaciones con el entorno territorial o urbano o eviten los usos degradantes para el propio Conjunto.

3. La conservación de los Conjuntos Históricos declarados Bienes de Interés Cultural comporta el mantenimiento de la estructura urbana y arquitectónica, así como de las características generales de su ambiente. Se considerarán excepcionales las sustituciones de inmuebles, aunque sean parciales,

y sólo podrán realizarse en la medida en que contribuyan a la conservación general del carácter del Conjunto. En todo caso, se mantendrán las alineaciones urbanas existentes (Ley 16/1985, de 25 de junio).

Así, se protege y preserva el patrimonio existente, pero sin hacer mención a cómo se debe actuar con los elementos materiales ocultos en el subsuelo o que ya no existen. De este modo, es más viable que las administraciones públicas protejan y financien la explotación turística y, por tanto, se desarrollen más proyectos de representación gráfica de yacimientos arqueológicos aislados que de núcleos urbanos aún existentes. No en vano, los primeros son estructuras independientes, conservadas y visitables, mientras que los segundos pueden tener estratos considerablemente grandes que nunca saldrán a la luz o que han sido destruidos.

Así, las dinámicas de divulgación dependientes del acondicionamiento de estos yacimientos al turismo podrían ser una de las causas de que existan más proyectos de RVP de esta época, diferenciándose de los núcleos poblacionales que han permanecido ocupados hasta la actualidad, en los que es más complicado determinar un momento concreto de su historia para una reconstrucción virtual. Así mismo, el hecho de que estos yacimientos estén protegidos implica que en las partidas presupuestarias para su excavación y conservación suela estar incorporado el requisito de la divulgación social, por lo que es más probable que exista financiación que permita el desarrollo de estos proyectos. En concreto, en el caso de la legislación española, la Ley del Patrimonio Histórico Español señala implícitamente la necesidad de difusión, ya que apunta que las medidas de protección tienen como fin que los ciudadanos puedan contemplar y disfrutar su patrimonio, pero sin hacer mención a su historia (Álvarez, 2015).

- *Mayor disposición de información y referencias para la conjetura*

Paradójicamente, el hecho de que estos yacimientos de la Protohistoria y la Edad Antigua habitualmente hayan permanecido sepultados hasta las intervenciones arqueológicas recientes ha permitido su preservación. Es más habitual que haya más información sobre éstos que sobre etapas posteriores, cuya información estratigráfica es frecuentemente destruida por completo en las etapas constructivas posteriores, lo que dificulta la cronología relativa. Los estratos desaparecidos ya eran

objetos de estudio en la propia ciencia de la arqueología, que dispone de metodologías para la interpretación comparativa con el resto de estratos o cualquier otra fuente de información (Fernández Martínez, 1989).

En el proceso de RVP es habitual que existan vacíos de información que deben ser rellenados con conjeturas que determinen cómo pudo haber sido lo que no se sabe cómo era. En esta fase, es habitual analizar otros yacimientos similares en cuanto a contexto geográfico, cultura y tamaño, para extraer referencias que permitan realizar una hipótesis lo más fiel posible a la realidad histórica desconocida (Demetrescu, 2018). De este modo, la fidelidad de las hipótesis planteadas para reconstrucciones virtuales podría tender a ser más alta en las civilizaciones que presentan parámetros similares en su trazado urbano y su morfología, ya que se dispone de más asentamientos que puedan servir como fuentes documentales comparativas (Abad et al., 1987). Así, cuantos más yacimientos se investigan sobre una cultura determinada, más información se puede extrapolar para rellenar los vacíos de información de otros asentamientos, aumentando el conocimiento global sobre cada cultura, y facilitando la metodología de RVP.

Este hecho puede explicar, también, el alto porcentaje de yacimientos reconstruidos en esta etapa histórica, ya que la morfología urbana, tanto de los asentamientos romanos como los prerromanos, presenta parámetros más frecuentes, teniendo las poblaciones de esta etapa estructuras urbanas más características y homogéneas que las posteriores, en las que era más frecuente que el urbanismo fuese más errático, heterogéneo y disperso (Galinié, 2012). Siendo la fidelidad histórica una de las premisas fundamentales de esta disciplina, es entendible que los investigadores y entidades prefieran desarrollar proyectos de RVP en los que las hipótesis tengan un mayor grado de exactitud histórica, aunque esta provenga del análisis comparativo.

Además, el trazado urbano y los tipos de construcciones de estas etapas históricas presentaban una morfología más homogénea, lo que facilita el proceso de desarrollo de la RVP. Los tipos de edificios, su disposición y sus materiales de construcción eran más uniformes, lo cual acorta tiempos de desarrollo en proyectos de RVP frente a otras etapas posteriores, en las que la heterogeneidad de estilos arquitectónicos y la complejidad de los edificios aumenta los tiempos de producción (Koehl et al., 2020).

- Edad Media (23,8%)

En esta etapa se han agrupado las reconstrucciones virtuales de núcleos urbanos entre los siglos V y XV. Esta etapa está caracterizada por el proceso de desestructuración del Imperio Romano, la posterior incursión de pueblos germánicos, el despoblamiento de la meseta tras la invasión musulmana del siglo VIII y la evolución de los reinos cristianos hasta la caída de Granada en 1492. La historiografía tradicional separa la Edad Antigua de la Edad Media debido a las consecuencias sociales y políticas de la caída del Imperio Romano, aunque, realmente, este proceso fue dilatado en el tiempo, sin que esta caída supusiera una *tabula rasa* (Pirenne, 1981) que definiese un nuevo paradigma de manera repentina. Poco a poco, la mezcla cultural y los procesos históricos desembocaron en una etapa con características considerablemente diferentes a la anterior y que marcaron al urbanismo.

Este proceso tuvo influencia en la tipología de núcleos urbanos y su morfología, aumentando la heterogeneidad y, por tanto, la complejidad metodológica del proceso de RVP. Los asentamientos se transformaron en esta etapa, pasando de disponer de un urbanismo muy ligado al ámbito agrario a la aparición y consolidación de las ciudades medievales, en un proceso que iba evolucionando de manera paralela a los cambios políticos y sociales del periodo (Arce, 1988).

Los núcleos urbanos de la Antigüedad Clásica en la Península Ibérica se caracterizaban por la homogeneidad morfológica según los patrones derivados de cada cultura, así como de la centralización en la administración imperial. Por su parte, en la Edad Media comienzan a aparecer tipologías diferentes, según su carácter agrario, comercial, administrativo o militar (Pirenne, 1981). Los asentamientos se transformaron en esta etapa, pasando de disponer un urbanismo muy ligado al ámbito agrario a la aparición y consolidación de las ciudades medievales, en un proceso que iba evolucionando de manera paralela a los cambios políticos y sociales del periodo, lo que dificulta la fase de conjetura debido a la falta de casuística con la que comparar cada yacimiento, debido a su heterogeneidad.

Esta etapa abarca varios siglos y, además, buena parte de los poblamientos siguen estando habitados en la actualidad, por lo que cabría esperar que estas circunstancias hubieran despertado un interés mayor por parte de administraciones e iniciativas privadas para que el número de reconstrucciones virtuales fuese más alto debido a su rendimiento como recurso turístico, pero el resultado es bastante inferior a la etapa anterior.

Se proponen las siguientes hipótesis para explicar este porcentaje:

- *Información arqueológica e histórica reducida en la Alta Edad Media*

En contraposición a la Edad Antigua, es habitual que los restos de poblaciones altomedievales hayan sido modificados considerablemente a lo largo de los siglos, yuxtaponiendo diferentes estratos a causa de la evolución urbana. Esto hace que las ciudades actuales que ya estaban habitadas en la época altomedieval oculten su trazado antiguo bajo construcciones posteriores. Por otra parte, la Ley 16/1985, de 25 de junio del Patrimonio Histórico Español establece la obligación de realizar una excavación arqueológica en cualquier solar sobre el que se pretenda edificar en zonas protegidas en las que puedan existir restos arqueológicos para garantizar su documentación y preservación, lo que ha repercutido en el aumento de la disposición de información arqueológica (Gutiérrez et al., 2004). Esta información recogida tiene un carácter disperso y fraccionado, por lo que se dispone mucha información sobre puntos concretos de ciudades que aún siguen siendo pobladas, pero existen partes importantes del trazado urbano que son desconocidas.

En cuanto a las fuentes de información, existe cierta documentación que incluye datos sobre la morfología urbana medieval (Martínez Taboada, 2009), pero esta es fundamentalmente en la Baja Edad Media, al menos en el caso español. Esto coincide con los datos de este análisis, siendo esta correlación otra posible explicación de este fenómeno.

- *El urbanismo medieval*

En la época medieval la morfología urbana estaba caracterizada por la heterogeneidad, tanto en sus trazados como en sus procesos constructivos y tipología de edificios. El arqueólogo francés Henri Galinié señala que existe una profunda diferencia morfológica entre los

poblamientos de la Edad Antigua y los medievales, sobre todo en la época altomedieval. Esto dificulta la comprensión del trazado urbano que ha tendido a basarse en estereotipos históricos por la carencia de documentación (Galinié, 2012). Este hecho puede dificultar los procesos de reconstrucción virtual ya que en los casos en los que hay vacíos de información será complicado establecer una hipótesis veraz, por no tener suficiente información ni otros ejemplos que tomar como referencia (Bruschke y Wacker, 2016). Además, esta propia heterogeneidad marcará el proceso de desarrollo de la RVP ya que los técnicos tendrán que ser más creativos y dedicar más tiempo a conseguir unos resultados que muestren la irregularidad del urbanismo medieval.

En contraposición a la práctica ausencia de reconstrucciones altomedievales, se han registrado más proyectos en la época bajomedieval. Una explicación puede ser que en esta época es más habitual que se hayan conservado, hasta la actualidad, los trazados urbanos, una buena parte del tejido constructivo e, incluso, edificios singulares. La información proveniente del parcelario actual y el trazado urbano solo está disponible en las poblaciones que no se vieron sometidas a una reurbanización planificada a partir de la Ilustración u otros procesos de modificación a gran escala. El hecho de que la cantidad de documentación histórica útil para la RVP sea exponencialmente más alta en la época altomedieval que en la bajomedieval (Martínez Taboada, 2009) posibilita que las hipótesis sean más fieles a la realidad histórica, pudiendo favorecer el interés de investigadores e instituciones para la ejecución de proyectos bajomedievales en detrimento de los altomedievales.

- *Falta de interés institucional*

Las instituciones con competencias en la gestión del patrimonio cultural centran sus estrategias de conservación y difusión en edificios concretos o yacimientos completos excavados, ateniéndose a los ya mencionados planes nacionales del IPHE. Una hipótesis que puede explicar este porcentaje es que los yacimientos de la Edad Antigua suelen estar musealizados o, al menos, cuentan con una entidad que se encarga de su promoción turística y divulgación (Pérez-Juez Gil, 2006), posibilitando las iniciativas para promover proyectos de RVP. Esto no ocurre tan frecuentemente en los yacimientos medievales. La falta de entidades que puedan tener la iniciativa de plantear estos proyectos y planes nacionales que los financien puede explicar el bajo porcentaje de proyectos en esta época.

Otra hipótesis que puede explicar este porcentaje es el hecho de que estos núcleos urbanos sigan, en su mayoría, siendo habitados hasta la actualidad, lo que implica que sea complicado elegir momentos determinados de su historia para plantear proyectos de RVP. Al contrario que en la Protohistoria y la Edad Antigua, en las que es más frecuente recuperar información sobre un momento concreto, la propia evolución continua de las poblaciones que han permanecido habitadas hasta la actualidad hace que el proceso de investigación para poder determinar un momento concreto de su historia sea mucho más complejo.

- Edad Moderna y Contemporánea (10,2 %)

Estos dos periodos se han utilizado como categorías diferentes a la hora de realizar el registro, pero se han unido en el mismo epígrafe para su análisis, ya que se van a buscar las causas de su escasez frente a otras épocas históricas en las características que comparten ambos periodos.

Se proponen las siguientes explicaciones para este hecho:

- *Perduración de los trazados urbanos de estas épocas*

Es habitual que los cascos históricos españoles mantengan el trazado urbano y morfología de la época moderna, por lo que los proyectos de RVP pueden no ser tan interesantes para la divulgación, al no ser lo suficientemente diferentes al patrimonio urbano actual.

- *Prevalencia de la conservación de la ruina*

Las iniciativas para la preservación y difusión del patrimonio se fundamentan en el legado que transmiten los restos materiales a la sociedad. Este legado va aumentando con el tiempo, por lo que nuestro pasado más reciente podría no contar con el mismo interés por parte de las administraciones, quizá más interesadas en la preservación del patrimonio más antiguo (Pérez-Juez Gil, 2006).

- *Proyectos centrados en pequeños espacios*

Todos los proyectos registrados en estas épocas, salvo dos (Casals, 2015; Sorando, 2009) reconstruyen pequeños espacios dentro de un conjunto urbano más grande. Esto puede atender a

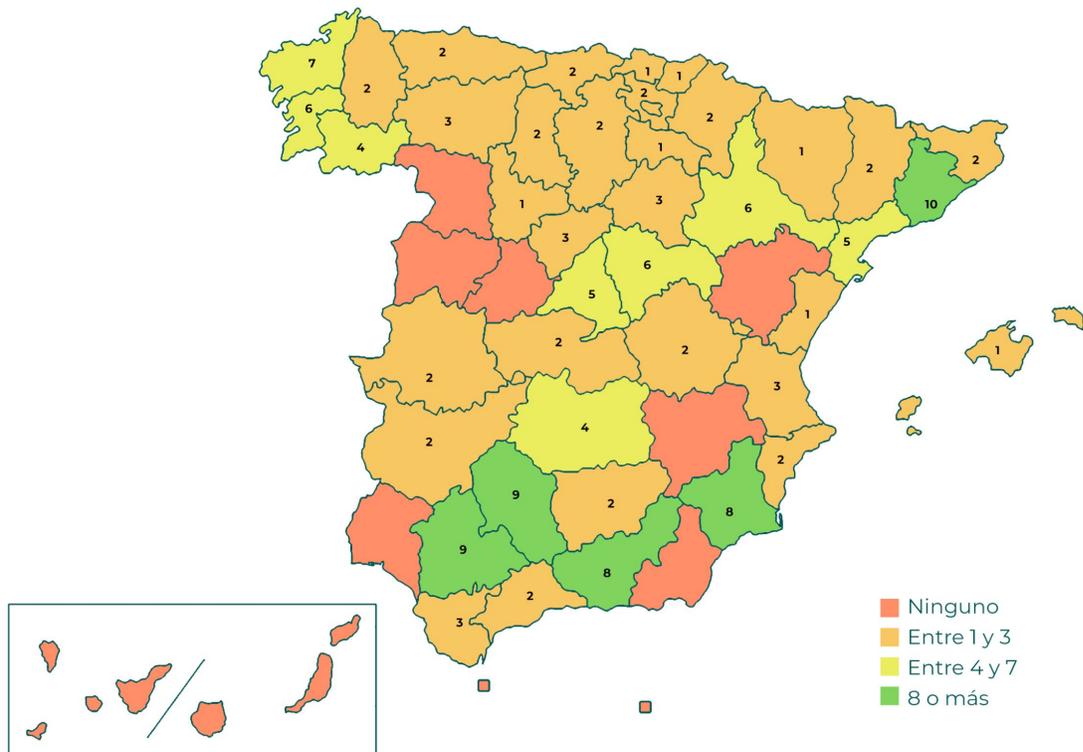
la gran complejidad de modelar digitalmente las ciudades modernas y contemporáneas, mucho más grandes y complejas que las de épocas anteriores.

Además, se ha registrado que buena parte de estas reconstrucciones corresponden a desapariciones violentas de un espacio urbano, bien sea por derribo, reurbanización o por otro tipo de eventos (Ruiz, 2016).

3.2.2.3 Ubicación geográfica

Se registró la provincia en la que se encuentra cada núcleo urbano reconstruido del listado para buscar indicios estadísticos sobre el estado de la cuestión de esta disciplina en España. Este dato puede aportar información sobre la dependencia de financiación de esta disciplina por parte de la Administración Pública, ya que, como se ha mencionado, las competencias sobre preservación y difusión del patrimonio están delegadas a las comunidades autónomas y diputaciones. Los resultados fueron los siguientes:

Figura 13. Distribución de proyectos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos en España por provincias.

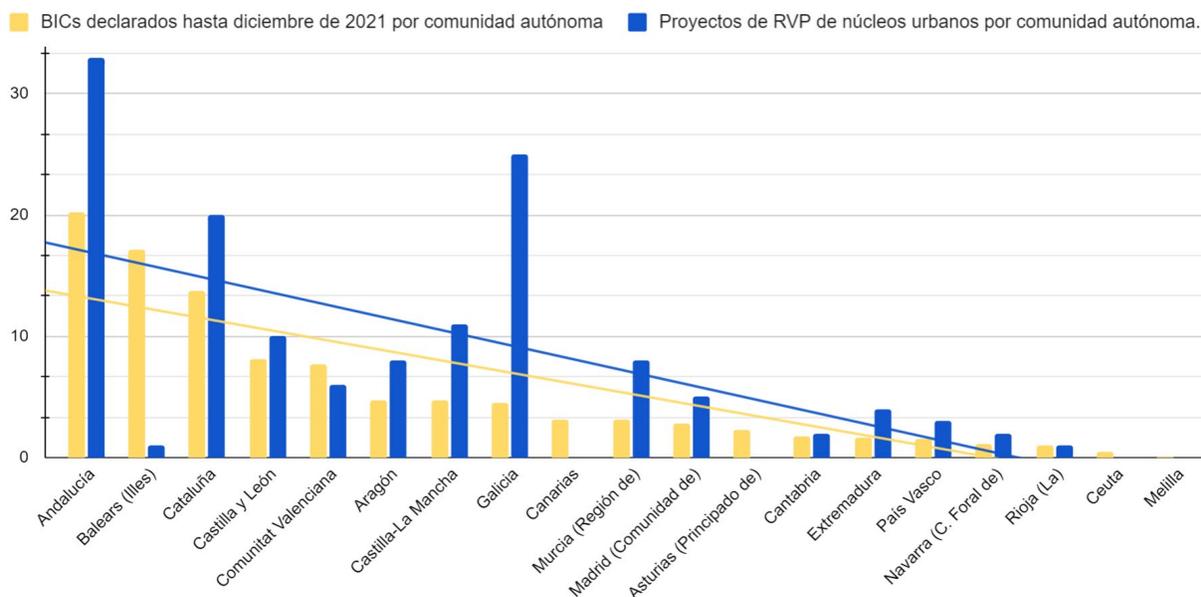


Fuente: elaboración propia.

Se han clasificado las provincias españolas según el número de proyectos de RVP identificados en cuatro categorías: ninguno, entre 1 y 3, entre 4 y 7 o más de 8. Es reseñable que hay 11 provincias y ciudades autónomas en las que no se ha identificado ningún proyecto de RVP de núcleos urbanos sujetos a los filtros planteados para este registro.

Se pueden observar patrones claros en la distribución, aunque no lo suficientemente evidentes como para permitir extraer conclusiones definitivas por sí mismos. Las provincias en las que se han identificado más proyectos de RVP se concentran en el sur, en el noreste y el noroeste. Para comprobar si estos datos pueden guardar relación con motivos geográficos o políticos se pasa a compararlos con la cantidad de BICs⁷ declarados en cada comunidad autónoma, aunque este dato solo puede tenerse en cuenta como posible correlación, ya que dentro de los BICs no se pueden reconocer núcleos urbanos sino, en todo caso, conjuntos históricos, sitios históricos y yacimientos.

Figura 14. Comparación del número BICs declarados y de proyectos registrados por comunidades autónomas.



Fuente: elaboración propia.

⁷ Siglas de Bien de Interés Cultural. Elementos del patrimonio histórico español protegidos por el Estado para garantizar su preservación.

Las líneas de tendencia de ambas curvas coinciden, salvo excepciones, con bastante exactitud, por lo que se puede afirmar que es mayor el número de proyectos de RVP según la cantidad de BICs protegidos en cada comunidad autónoma, lo que permite descartar otras razones relacionadas con la ubicación geográfica o cuestiones políticas. Es singular la desviación de las Islas Baleares, que solamente cuentan con un proyecto identificado de RVP siendo la segunda comunidad autónoma con más BICs declarados. Esto es particularmente reseñable porque precisamente tanto las Islas Baleares como las Islas Canarias, que no tienen ningún proyecto identificado, son las dos comunidades autónomas españolas que más porcentaje tienen de su PIB proveniente del turismo (EXCELTUR, 2019). El caso canario es diferente pues existen pocos registros documentales o estructuras urbanas complejas con anterioridad al siglo XV, que son los periodos que más proyectos de RVP han generado en el resto del país. Se necesitan más estudios para comprobar cuál es la razón de esta falta de relación.

Otro dato singular es el de Andalucía: es la comunidad autónoma con más BICs declarados y también en la que más proyectos de RVP se han identificado. Esto puede deberse a que durante la Edad Antigua y, sobre todo, en la Edad Media, Andalucía concentraba una parte importante de los núcleos urbanos con más población y poder político de la península, hecho que comparte con Castilla-La Mancha que también presenta la misma singularidad, siendo más del doble el porcentaje de proyectos de RVP sobre el total de sus BICs declarados que en el resto de comunidades autónomas.

Por otra parte, destaca la diferencia entre ambas curvas en el caso de Galicia, pero se trata, como se verá más adelante, de una singularidad: se realizaron un importante número de proyectos de RVP para una serie documental, lo cual hace desviar este resultado del resto de comunidades autónomas.

3.2.2.4 Nivel de detalle

Se han categorizado los proyectos identificados según su nivel de detalle, ya que este atributo puede condicionar el proceso de la RVP, afectando tanto al rigor histórico como a la

distribución de recursos. Cuanto más alto sea este nivel de detalle más elevado es el grado de conjetura y más tiempo requiere su desarrollo técnico.

Como se ha mencionado, existen varias propuestas de clasificación de los niveles de detalle en el modelado de entornos urbanos, siendo uno de los sistemas más estandarizados el denominado CityGML. Este sistema, así como el resto planteados desde un punto de vista geométrico y técnico, no se ajustan a las necesidades de la RVP, que se diferencia del resto de representaciones gráficas de ciudades por la importancia de la estética, tanto en el fotorrealismo como en el atractivo visual (Papadopoulos, 2018).

Por lo tanto, para este muestreo se ha realizado una categorización nueva, basada en las divisiones prácticas de niveles de detalle de David Borra (2000) y Filip Biljecki (2014), a su vez, basado en el estándar CityGML. El primero define tres niveles de detalle, bajo, medio y alto, siendo el primero esquemático y el último hiperrealista. David Borra plantea que en cada proyecto se debe determinar qué nivel de detalle tendrá cada estructura que sea modelada para optimizar tiempos de desarrollo, no teniendo que entrar en pormenorizar elementos que no sean apreciables según la ubicación de la cámara. Por su parte Biljecki define cuatro categorías, desde la volumétrica, formada por cubos con cubiertas planas a la más detallada que incluye todos los elementos, tanto estructurales como movibles del interior y exterior de cada edificio.

Para este registro se ha diseñado una nueva clasificación en niveles de detalle fundamentada en estos dos autores, marcando pautas identificables de manera objetiva, sin entrar a valorar el atractivo visual de cada proyecto. Se ha decidido esta categorización debido a que la de Borra, del año 2000, se había quedado obsoleta por la evolución de la tecnología y la de Biljecki no está especialmente diseñada para la RVP sino para la arquitectura, planteando desequilibrios entre los dos niveles de detalle extremos, el más sintetizado y el más realista.

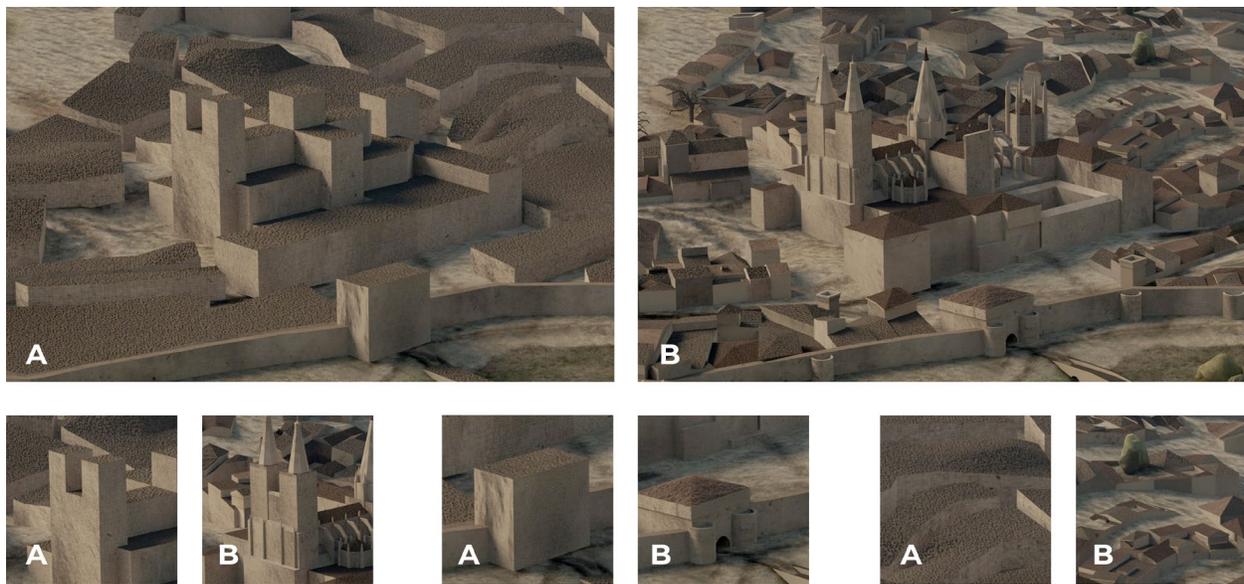
La clasificación propuesta para poder clasificar los proyectos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos se basa en las siguientes cuatro categorías:

- Nivel 1: volúmenes simples

Modelos con nivel de detalle muy simplificado, que permiten mostrar un esquema de un trazado urbano, pero sin entrar en detalle de la morfología y distribución de sus edificios. Las estructuras se representan como volúmenes simples, sin detallar sus elementos constructivos, y las edificaciones singulares tienen un nivel de detalle bajo. Es habitual encontrar casos en los que se combina este nivel de detalle con otros en el mismo proyecto.

En esta categoría se han identificado varios proyectos cuyos modelos no están texturizados de manera fotorrealista o tienen texturas de baja definición, pero no tiene por qué ser así en todos los casos.

Figura 15. Modelado volumétrico de la ciudad de Burgos en el siglo XV.



Nota: esta reconstrucción está realizada en dos resoluciones diferentes, pero ambas pertenecientes al denominado nivel 1. Se trata de los dos extremos que abarca esta categoría, desde grandes bloques que representan manzanas completas (a) a un modelo más detallado (b), pero que sigue estando basado en volúmenes sencillos con algún detalle arquitectónico simplificado. En la parte inferior de la imagen se pueden ver tres comparativas de secciones de la imagen superior: Catedral, Arco de Santa María y caserío de la ciudad. Fuente: elaboración propia.

- Nivel 2: modelado de baja resolución

Modelos 3D en los que los edificios tienen más detalle que los anteriores, que eran simples volúmenes, pero sin entrar en la definición detallada de las estructuras arquitectónicas o el modelado de otros objetos que forman parte del conjunto urbano. Estos modelos pueden tener un texturizado con más o menos resolución y es habitual que se utilicen para reconstrucciones de núcleos urbanos extensos para poder obtener una visión global desde un punto de vista aéreo

Figura 16. Modelado de baja resolución de la Legio VII Gemina, León, en el siglo I.



Fuente: elaboración propia.

- Nivel 3: modelado de resolución media

Modelos 3D que incorporan más detalle en las estructuras constructivas y cuentan con texturas que, a cierta distancia, pueden conseguir resultados fotorrealistas. Estos modelos permiten realizar planos realistas más cercanos que los anteriores, que en su mayoría se usan para una visión aérea, aunque más cercana de los edificios que en los niveles de detalle anteriores. Este nivel de detalle no sería realista en planos a la altura de los ojos.

Figura 17. Modelado de resolución media de la Villa de Briviesca en el siglo XIV.



Fuente: elaboración propia.

- Nivel 4: modelado de alta resolución

Proyectos con elementos constructivos modelados con minuciosidad, en los que las estructuras y elementos arquitectónicos de los edificios están realizados con mucho detalle. Habitualmente los modelos con este nivel de detalle logran obtener resultados fotorrealistas, a cambio de un alto coste de recursos (Papadopoulos, 2018). Este acabado puede ser problemático en algunos casos por su inexactitud frente a las fuentes documentales (Pietroni y Ferdani, 2021). Cuanto más alto es el nivel de detalle más elevado es el grado de conjetura, por lo que según aumenta el realismo visual así disminuye el realismo histórico (Dylla et al., 2008). Este hecho podría tener influencia en el número de proyectos de RVP desarrollados con este nivel de detalle. En la literatura académica es frecuente encontrar este nivel de detalle en los casos de estudio de la RVP pero no tanto en el caso de paisajes urbanos sino en el caso de edificios, en los que, al disponer de más información y ser un espacio más acotado es más viable llegar a un acabado realista.

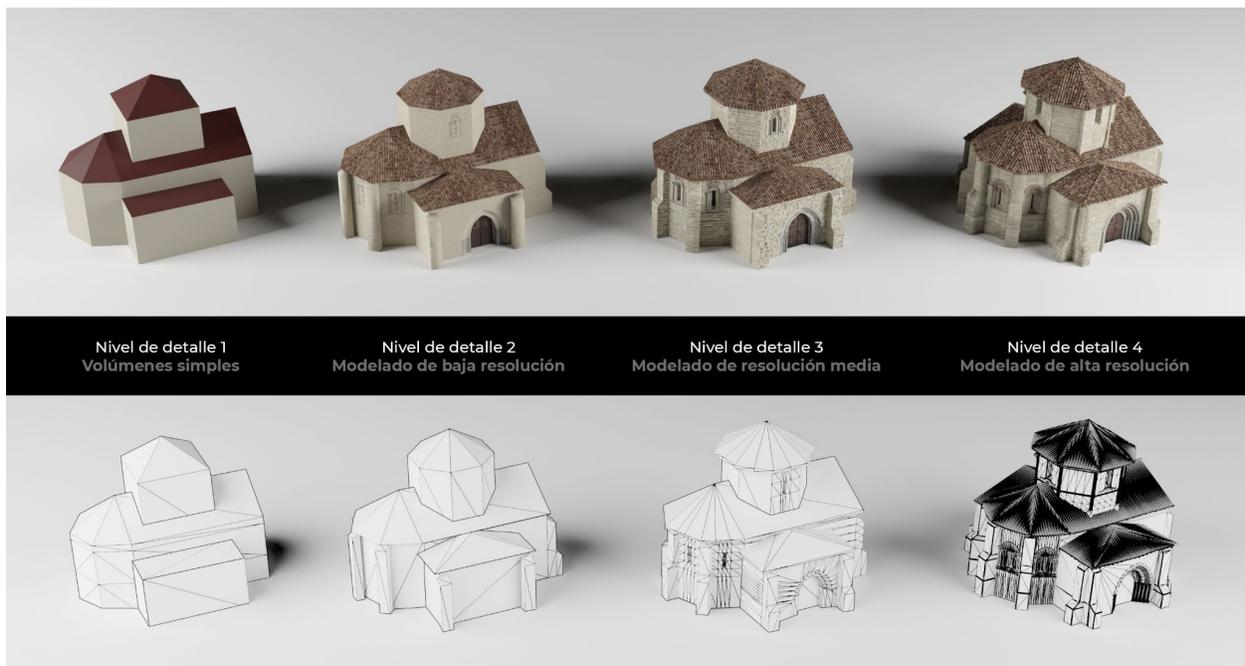
Figura 18. Modelado de alta resolución del Hospital de San Juan de Acre en el s.XIII, (La Rioja).



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se puede apreciar, de una manera visual, la diferencia entre los diferentes niveles de detalle planteados para esta nueva categorización específica para la RVP.

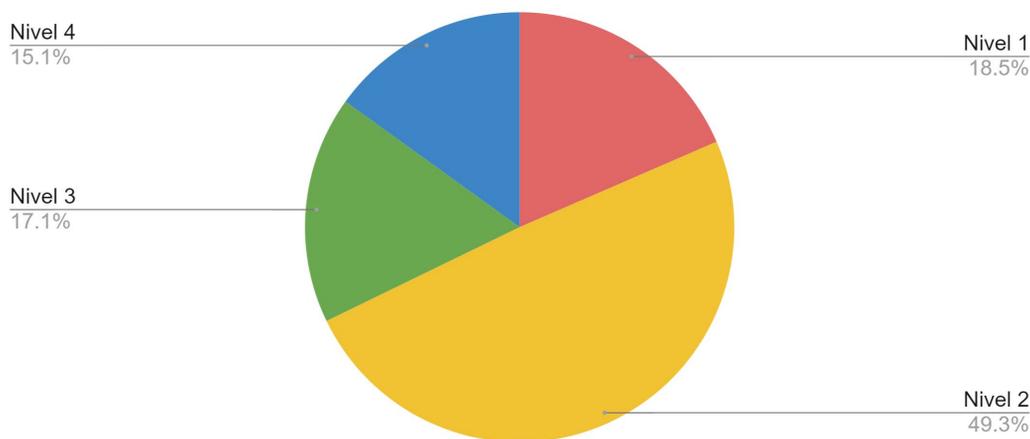
Figura 19. Modelo de la capilla de San Juan de Acre de Navarrete en el siglo XIII desarrollado en cuatro niveles de detalle para resaltar las diferencias.



Fuente: elaboración propia.

Los proyectos de RVP de núcleos urbanos pueden tener varios niveles de detalle en una misma visualización, representando con menos resolución lo que menos se ve. Esa multirresolución es habitualmente señalada por los investigadores como una estrategia de optimización, por lo que es frecuente que una reconstrucción presente elementos que podrían estar diseñados en varios niveles de detalle (Strothotte et al., 1999). Para esta categorización se ha tenido en cuenta el mayor grado de realismo, omitiendo los utilizados para las secciones con menos detalle. Una vez cuantificados los datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

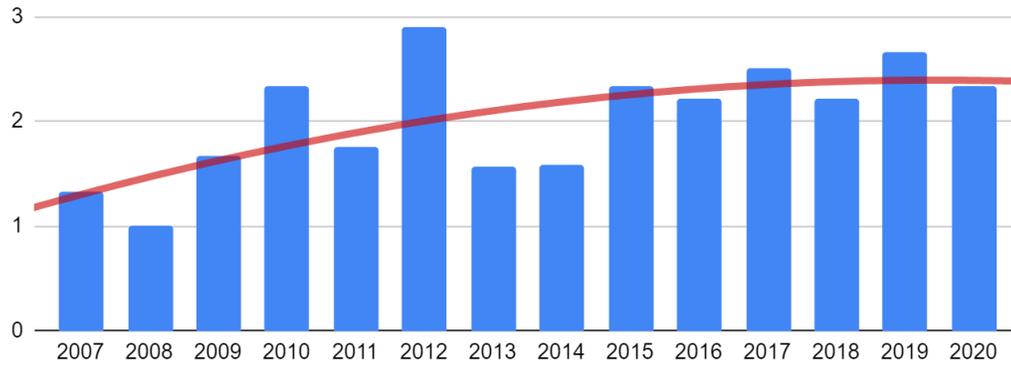
Figura 20. Frecuencia de cada nivel de detalle sobre el total del muestreo.



Fuente: elaboración propia.

Es reseñable que prácticamente la mitad de los proyectos identificados corresponden a modelos de baja resolución lo que, sumado a los proyectos de nivel 1, ascienden a dos tercios del total. Esto puede deberse a diferentes factores, como el tamaño de las reconstrucciones virtuales, la capacidad técnica de los equipos de trabajo, la disposición de información o la propia financiación. Para comprobar si este dato respondía a la capacidad técnica de los equipos de trabajo o la financiación se realizó un gráfico con la distribución anual de los proyectos. Era esperable que, con el paso del tiempo, los equipos de trabajo fueran mejorando sus capacidades técnicas, tanto por el desarrollo de su propia habilidad dentro de la disciplina como la evolución tecnológica, lo que se traduciría en un incremento de los niveles de detalle más altos (resolución media y alta resolución). Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

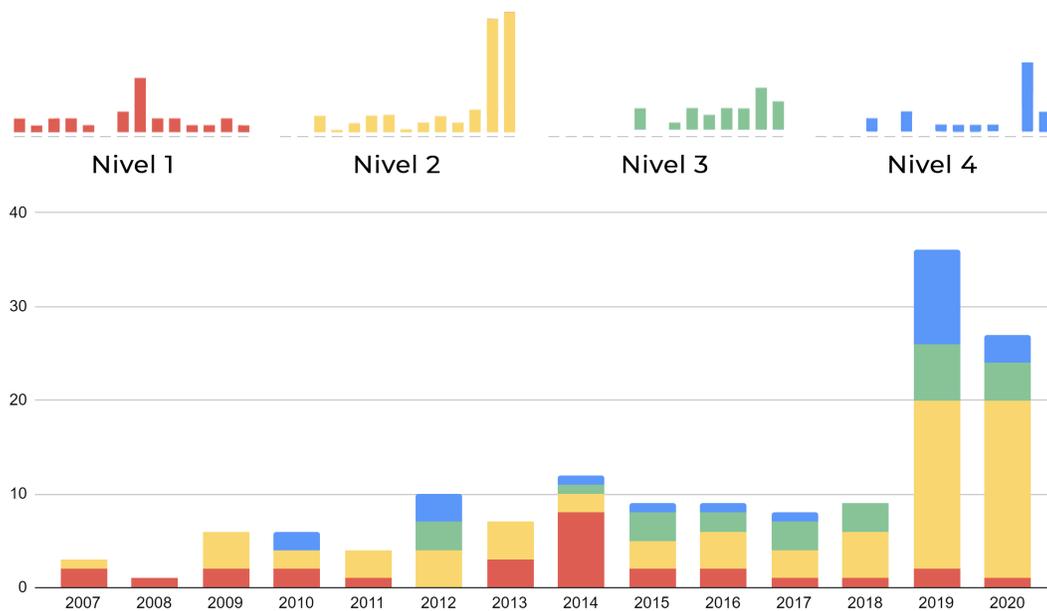
Figura 21. Media del nivel de detalle por año, con línea de tendencia (en rojo).



Fuente: elaboración propia.

La media del nivel de detalle aumenta gradualmente, aunque se estabiliza en los últimos cinco años en un valor medio de 2,4. Tanto el aumento como la fase de saturación podrían indicar que el afianzamiento de la disciplina está próximo.

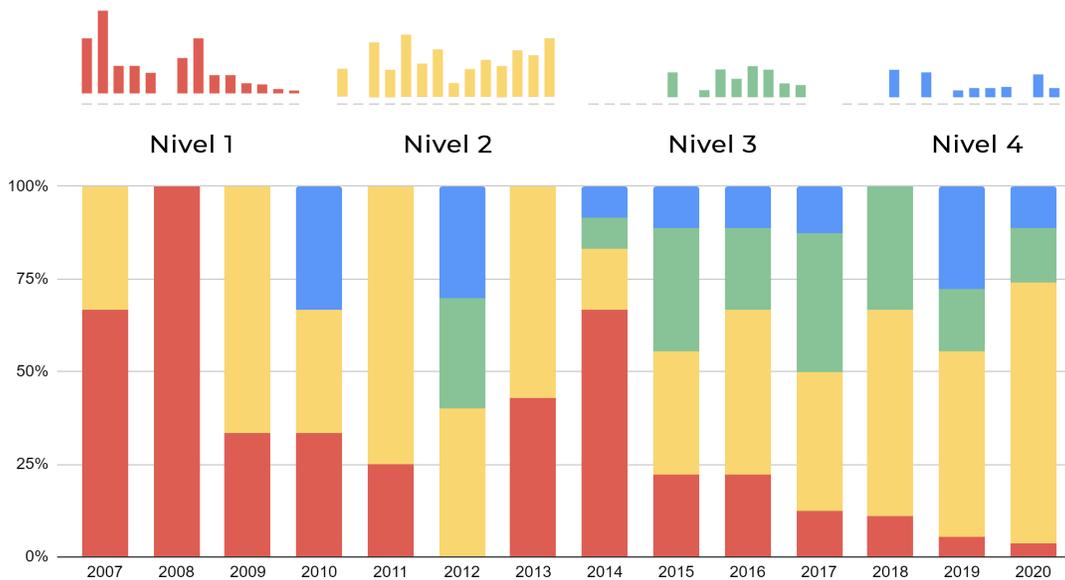
Figura 22. Número de proyectos por año según su nivel de detalle.



Nota: en la parte superior se pueden ver las gráficas de evolución de cada nivel de detalle por separado y en la inferior la combinación de todos. Fuente: elaboración propia.

Contrariamente a lo esperado, los datos muestran un incremento considerable de los proyectos con modelos de baja resolución en los últimos dos años, sobre todo el nivel 2. Tras revisar los proyectos que se han registrado se plantea que esta incoherencia corresponde a una desviación producida por la gran cantidad de proyectos de reconstrucción virtual desarrollados por la empresa MBC Audiovisuales y la Corporación Radio e Televisión de Galicia para la serie documental *Desmontando Galicia* (Barrios Carreira, 2019). Para esta serie se desarrollaron 16 proyectos de baja resolución en los años 2019 y 2020. De este modo, obviando esta desviación sí que se puede considerar un constante ascenso de los niveles de detalle más altos, lo que subiría también la media de los últimos dos años. Una anomalía similar ocurre con el nivel de detalle de volúmenes simples en el año 2014, ya que en ese año se lanzó la aplicación VirTimePlace que permite ver, a través de dispositivos móviles, la reconstrucción virtual de varias ciudades españolas. Obviando estas desviaciones, parece que efectivamente el incremento de los dos niveles de detalle más altos va aumentando con el tiempo, aunque la presencia de proyectos de baja resolución sigue siendo importante. Este hecho es más perceptible a través de la siguiente gráfica:

Figura 23. Número de proyectos por año según su nivel de detalle proyectando su frecuencia sobre el total de las reconstrucciones de cada año.

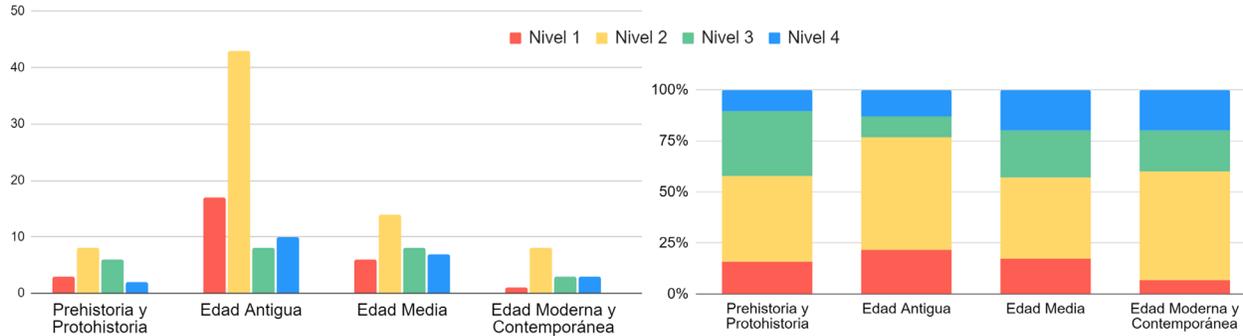


Fuente: elaboración propia.

Efectivamente, se puede apreciar como cada año van aumentando los niveles de detalle más altos mientras que el nivel 1, el más bajo, cada vez es menos utilizado (en detrimento del nivel 2 que es muy habitual tanto en los primeros como los últimos años, manteniendo considerablemente estable su presencia dentro del total de proyectos).

Otro factor que puede ayudar a explicar la distribución de porcentajes es la época de reconstrucción virtual, ya que puede afectar a la toma de decisiones sobre el nivel de detalle de un proyecto. Se han extraído los siguientes resultados:

Figura 24. Número total de proyectos con cada nivel de detalle por cada periodización histórica.



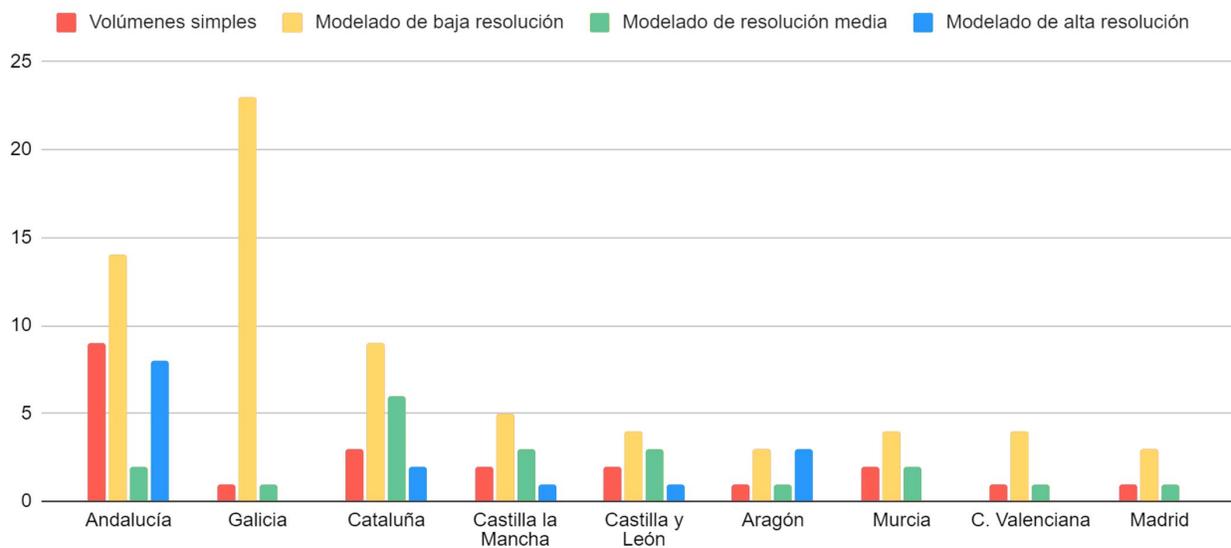
Nota: a la izquierda, número de proyectos por cada nivel de detalle y en cada periodización histórica. A la derecha, distribución porcentual de las frecuencias frente al total. Fuente: elaboración propia.

Así, es apreciable que una parte muy destacada de los proyectos que se han desarrollado hasta la fecha en España corresponde a proyectos de baja resolución y ambientados en la Edad Antigua. Esta combinación resulta significativa, ya que como se ha mencionado en el análisis sobre la periodización de las reconstrucciones virtuales, es posible que estos proyectos sean más habituales porque cuentan con la iniciativa de las instituciones públicas y con más información arqueológica e histórica. Tras revisar individualmente los proyectos registrados para buscar explicación a esta gráfica se ha concluido que existe un número elevado de reconstrucciones virtuales de yacimientos romanos, cuya morfología es más sencilla de reproducir digitalmente que las de otros períodos y culturas, debido a los parámetros regulares, y la similitud de edificios y texturas (Bendala Galán, 2005).

Aparte de esta posibilidad, observando el reparto porcentual de cada nivel de detalle, se puede observar una distribución bastante homogénea por cada período histórico, lo que puede apuntar a que la definición de las categorías que se ha creado para este análisis es acertada.

Por otra parte, se compararon los datos de la ubicación geográfica con el nivel de detalle de los proyectos con el fin de extraer información concluyente sobre el papel de las administraciones locales en el desarrollo de proyectos de RVP. Se obtuvieron los siguientes datos:

Figura 25. Número de proyectos por cada nivel de detalle en cada comunidad autónoma.



Fuente: elaboración propia.

Cataluña, Castilla-la Mancha y Castilla y León muestran una distribución considerablemente homogénea en sus resultados, que, además, es muy similar a la distribución nacional. Además, se pueden ver parámetros de distribución también con ciertas similitudes en Aragón, Murcia, Comunidad Valenciana y Madrid, siendo esta distribución marcadamente diferente solo en Andalucía y Galicia.

En cuanto al caso de Galicia, la desviación del nivel de detalle de baja resolución corresponde al mencionado documental de la TVG, que, de no haberse llevado a cabo, ubicaría a

esta región en una situación muy similar a la de Murcia, la Comunidad Valenciana y Madrid. En el caso de Andalucía, destaca su heterogeneidad en la distribución de los niveles de detalle frente a las otras comunidades autónomas. Es la comunidad autónoma que más proyectos tiene con un nivel de alta resolución. Se han analizado estos proyectos para buscar si había influencia de la Administración Pública, pero se ha comprobado que prácticamente la totalidad provienen de iniciativas privadas, puede que por influencia del turismo.

Aparte de estos casos singulares, la distribución de niveles de detalle por comunidad autónoma parece ser considerablemente homogénea, lo que no aporta evidencias que permitan conjeturar si existe una influencia directa de las políticas locales en la financiación de los proyectos o las capacidades técnicas de los equipos de trabajo que los ejecuten.

3.2.2.5 Tamaño

Otra característica de los proyectos de RVP de núcleos urbanos que pudo ser identificada y registrada es el tamaño de las poblaciones reconstruidas. El tamaño determina el coste de recursos de un proyecto ya que según aumente la cantidad de edificios y estructuras que haya que modelar así aumentará, de manera exponencial, su coste de recursos tanto técnicos como humanos. Además, el registro de los tamaños de las poblaciones puede ser una información que posibilite extraer conclusiones al comparar otros datos, como el nivel de detalle o la periodización. Para registrar los diferentes proyectos atendiendo a su tamaño se ha creado una categorización, realizada tras un primer análisis previo de todos los proyectos de RVP identificados. Existe un debate académico sobre la terminología de estos espacios urbanos, en concreto, las ciudades, ya que tanto en la protohistoria, como la Edad Antigua (Abad et al., 1987), la Medieval (Ruiz Gómez, 1990) y la Moderna el concepto de ciudad varía dependiendo de su relación con el entorno rural y su contexto político y económico. Para esta categorización se ha tomado el término ciudad de una manera amplia (Pirenne, 1981) y acotándola a dos tamaños: ciudad pequeña y ciudad grande. Para la identificación y análisis de los proyectos de RVP se ha generado la siguiente clasificación:

Figura 26. Ejemplos de las cuatro diferentes categorías de núcleos urbanos atendiendo a su tamaño.

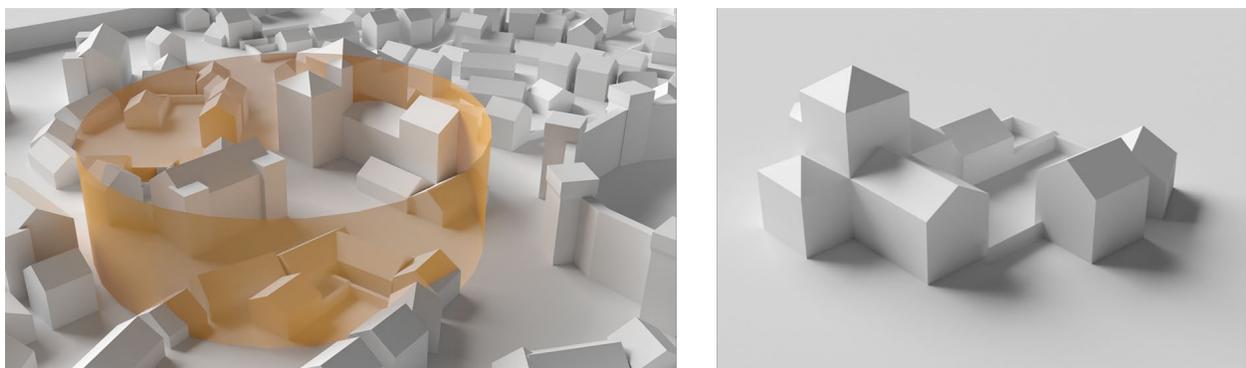


Fuente: elaboración propia.

- Pequeños entornos

Desde el comienzo de esta disciplina es habitual que existan proyectos que no reconstruyen la totalidad de una población sino una sección dentro de esta (Gutiérrez et al., 2004) o un conjunto arquitectónico de pequeño tamaño, como cenobios (Amado et al., 2009), villas romanas (Vizcaíno et al., 2013) o patrimonio industrial (Gasánov, 2021). Se han descartado edificios individuales, aunque su complejidad estructural sea elevada. Para considerar los proyectos registrados como reconstrucciones de núcleos urbanos se han incluido, únicamente, los pequeños entornos que cuentan al menos con tres edificios independientes.

Figura 27. Ejemplos de pequeños entornos. A la izquierda, sección reducida de un espacio urbano mayor. A la derecha, conjunto histórico con, al menos, tres edificios independientes.



Fuente: elaboración propia.

El hecho de que existan reconstrucciones de este tamaño puede atender a los siguientes factores:

- *Disposición de información arqueológica*

Es habitual que en ciudades habitadas hasta la actualidad solo se hagan excavaciones arqueológicas de pequeños entornos, debido a nuevas construcciones de obras públicas o privadas. Estas excavaciones obtienen información arqueológica concreta en el espacio y en el tiempo, que posibilita desarrollar proyectos de RVP con una precisión y fidelidad histórica muy altas, pero solamente vinculadas a los conjuntos arquitectónicos de los que se tiene evidencia arqueológica.

- *Divulgación y musealización de BICs*

Como en casos anteriores, es posible que los planes nacionales del IPHE favorezcan la producción de proyectos de RVP para entornos aislados, que son más fácilmente catalogables como BICs, frente a patrimonio urbano oculto bajo estratificaciones posteriores. Estos yacimientos aislados son preservados y, en muchos casos musealizados, por lo que suelen desarrollar proyectos de RVP.

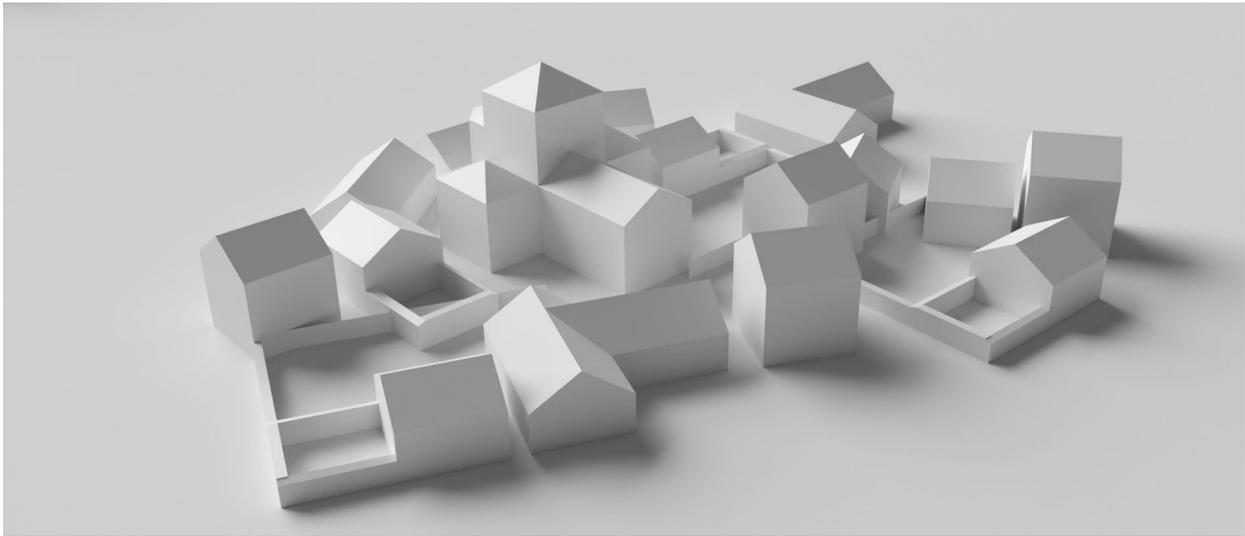
- *Formato de visualización*

Hay formatos de visualización, como la realidad virtual o la realidad aumentada, que se usan principalmente para visualizar pequeños entornos alrededor de los usuarios, en algunos casos, con cierta libertad de movimiento (Thompson et al., 2006). En el siguiente apartado se analizan los proyectos por su formato de visualización y se comparan con el tamaño de los entornos reconstruidos.

• Aldeas

La segunda categoría engloba a poblaciones con menos de 30 edificios. Se generó esta categoría para diferenciarla de los pequeños entornos, que habitualmente eran reconstrucciones que solo representan una parte del total de su núcleo urbano o complejos de pocos edificios aislados. Las aldeas que se han localizado cuentan un número más elevado de edificios, pero sin llegar a un trazado urbano complejo.

Figura 28. Ejemplo de categoría de aldea.

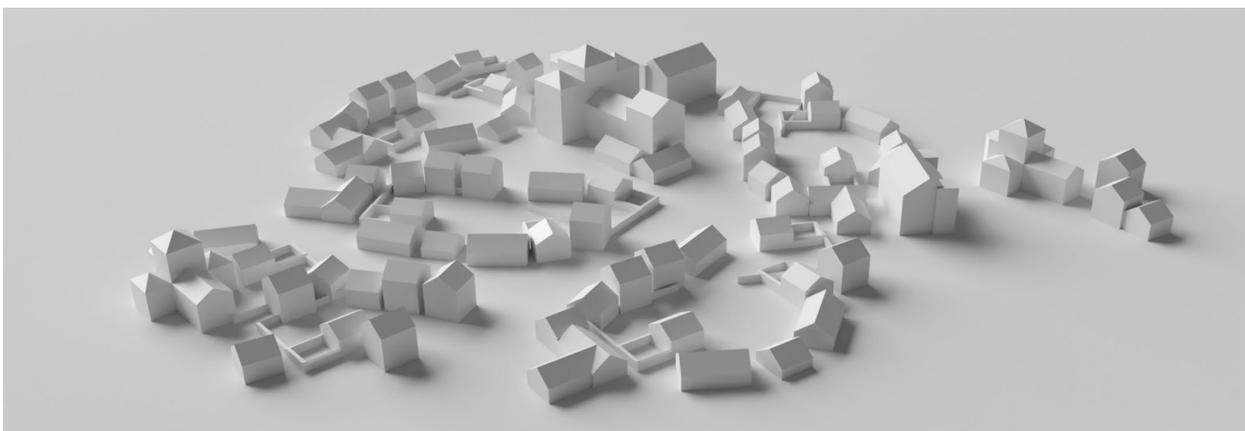


Fuente: elaboración propia.

- Ciudades pequeñas

La tercera categoría engloba a ciudades pequeñas. Este tipo de morfología es habitual a lo largo de toda la periodización e incluye poblaciones con menos de 10 edificios singulares (civiles, militares o religiosos) y con una extensión similar o mayor de cuatro hectáreas.

Figura 29. Ejemplo de ciudad pequeña.

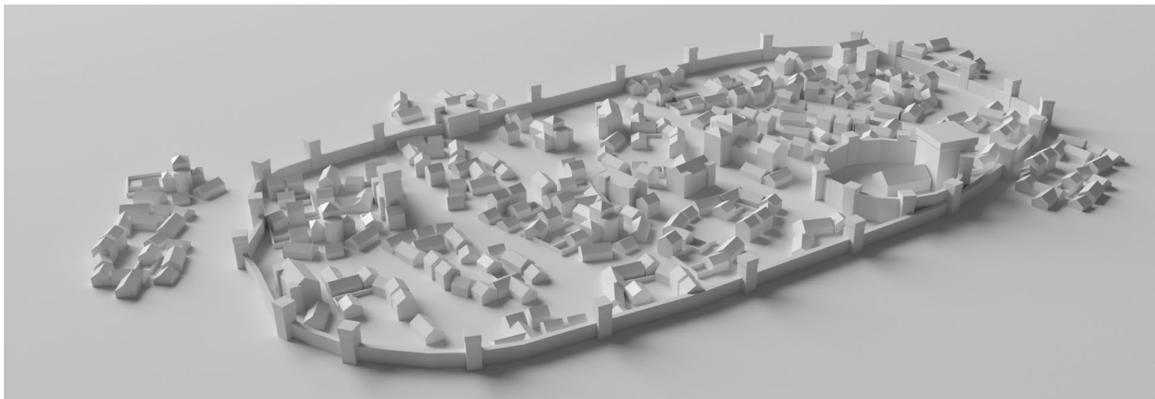


Fuente: elaboración propia.

- Ciudades grandes

La siguiente categoría agrupa a ciudades grandes y metrópolis, con entramados urbanos complejos y más de diez hectáreas de tamaño. Estas reconstrucciones requieren más recursos para su reconstrucción y, habitualmente, contarán con menos veracidad histórica al tener que extrapolar información para rellenar los vacíos de información.

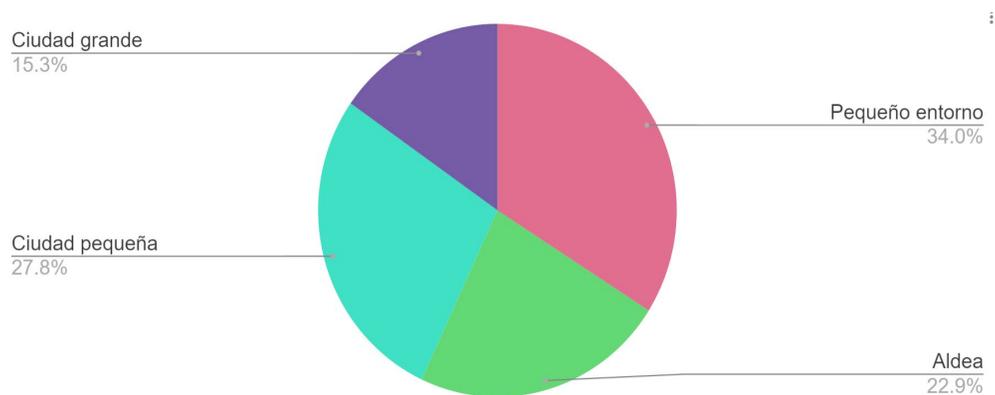
Figura 30. Ejemplo de categoría de ciudad grande.



Fuente: elaboración propia.

Una vez categorizados todos los proyectos registrados se han recogido los siguientes datos:

Figura 31. Distribución de los tamaños de las reconstrucciones virtuales sobre el total.

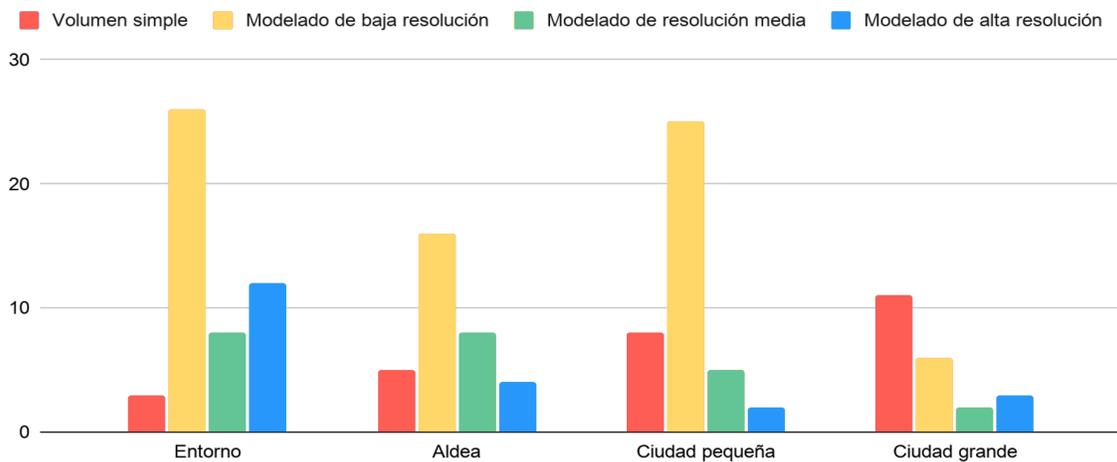


Fuente: elaboración propia.

La distribución en este gráfico es lo suficientemente proporcionada como para considerar que la categorización de tamaños propuesta en este estudio es adecuada. Se observa que el porcentaje más alto es de pequeños entornos, lo cual puede ser explicado porque estos proyectos requieren de menos financiación y pueden contar con mayor cantidad de información arqueológica o documental. Su rigor histórico tenderá a ser más alto que en poblaciones de mayor tamaño, lo cual, puede posibilitar la iniciativa para el desarrollo de estos proyectos. El caso contrario ocurre con las ciudades grandes que son el porcentaje más reducido en la gráfica. Esto confirma estos mismos motivos: cuanto más grande es la reconstrucción más recursos necesita para su desarrollo y menos fiel es su realismo histórico debido a la falta de información. Por otra parte, se espera que el tamaño de las reconstrucciones afecte al nivel de detalle, ya que cuanto más alto sea el tamaño más recursos requerirá para su reconstrucción virtual.

Comparando los datos de ambas categorías se extrae la siguiente gráfica:

Figura 32. Distribución del nivel de detalle según el tamaño de la reconstrucción virtual.



Fuente: elaboración propia.

Como era esperable, los valores de tamaño del núcleo poblacional y su nivel de detalle están invertidos: cuanto más grande es el núcleo urbano reconstruido menor es su nivel de detalle, ya que no es necesario entrar en pormenores morfológicos para mostrar una visión global de un conjunto urbano, siempre que el formato esté diseñado para una visualización en conjunto y no a la altura de los ojos. Esto es especialmente perceptible en los extremos, tanto en el tamaño más grande como el más pequeño, aunque existen desviaciones en lo esperado en los tamaños intermedios, sobre todo en el modelado de baja resolución.

Esta relación entre el tamaño y nivel de detalle es explicable por dos razones: las cifras pueden apuntar que sí que existen grupos de trabajo y productoras españolas que son capaces técnicamente de desarrollar proyectos tanto de ciudades grandes como con alto nivel de detalle. Sin embargo, estos proyectos requieren de más financiación para su desarrollo y de una mayor disposición de información histórica. Si se recopilan los factores que influyen en la iniciativa para desarrollar proyectos: información, financiación y capacidad técnica, eliminando este último, quedarían como motivos principales por los que no se realizan más proyectos de RVP de núcleos urbanos: la falta de financiación por parte de las administraciones públicas y la disposición de información, que, en último término, también depende de la iniciativa pública, que es la encargada de sufragar las excavaciones arqueológicas y la investigación histórica.

3.2.2.6 Formato de visualización

Cada proyecto de RVP está, habitualmente, diseñado para su visualización a través de un formato concreto, bien sea para difusión masiva a través de medios de comunicación o formatos divulgativos en museos y centros de interpretación (Pujol, 2004). Estos formatos de visualización tienen influencia sobre el propio diseño y desarrollo de cada proyecto (Pietroni y Ferdani, 2021), tanto en su metodología como en la selección del nivel de detalle y su tamaño (Pfarr-Harfst, 2016).

- Imagen fija

En esta categoría se engloban los proyectos de los que solamente se han realizado una o varias imágenes fijas obtenidas a partir del proceso de renderizado. Estas imágenes fijas pueden utilizarse para impresión digital o visualización a través de pantallas, pero no cuentan con animaciones de cámaras en un espacio 3D ni son interactivas.

Este es el primer formato que se comenzó a utilizar en la RVP, por ser heredero directo de las ilustraciones arqueológicas clásicas. Las imágenes creadas a partir de modelos 3D tienen la ventaja de que se pueden generar de manera casi automática una vez que se ha realizado el modelo 3D, frente a las ilustraciones tradicionales, que deben rehacerse desde cero para cada nuevo punto de vista.

Una de las principales ventajas de este formato es que requiere menos inversión de recursos que los generados para otros dispositivos, tanto en su desarrollo como en los equipos tecnológicos necesarios para su reproducción. Una imagen fija es más fácil de obtener y más versátil para su reproducción, tanto en dispositivos electrónicos como impresos, por lo que se espera que su uso sea habitual en casos de proyectos musealizados, investigaciones académicas con impacto social o divulgación a través de prensa.

- Audiovisuales

Se engloban en esta categoría los vídeos no interactivos, sea cual sea su canal de comunicación (*online*, dispositivos fijos en centros divulgativos o proyecciones puntuales). La posibilidad de generar vídeos a partir de animaciones de cámara es una de las nuevas posibilidades que ofreció la RVP frente a otras disciplinas clásicas (Addison, 2000). Una vez generados los modelos 3D, el hecho de convertirlos en vídeos en lugar de imágenes fijas no es excesivamente costoso, pero puede añadir complejidad técnica si se incluyen personajes animados o elementos urbanos en movimiento (Sequeira, 2020).

En los audiovisuales, es el equipo de realización el que decide cuáles son los planos que se generan, de qué duración y qué muestran y qué ocultan, por lo que en ocasiones pueden ahorrar costes de recursos solamente por delimitar qué se muestra y qué no.

- Realidad virtual

La realidad virtual es un formato de visualización de entornos generados digitalmente a través de un dispositivo de visualización inmersiva. Los usuarios podrán observar a su alrededor un entorno completamente virtual, en el que puede haber, o no, interacción con los elementos digitales (Checa y Bustillo, 2020a). La realidad virtual tiene una diferencia condicionante con los audiovisuales: los usuarios son los que deciden dónde centran su atención y no el equipo de desarrollo, por lo que los entornos tienen que estar reconstruidos por completo, sin que pueda haber vacíos de información. Este formato de visualización es uno de los últimos en incorporarse de forma masiva al ámbito de la divulgación del patrimonio (Bekele et al., 2018), aunque existen trabajos académicos que exploraban esta tecnología aplicada al patrimonio desde principios del siglo XXI (Bacigalupo y Cessari, 2003; Gaitatzes et al., 2001). La democratización de dispositivos y la evolución tecnológica han facilitado que se utilicen cada vez con más frecuencia en proyectos didácticos (Checa y Bustillo, 2020b) y divulgativos (Rua y Alvito, 2011). Dentro de este formato se han incluido todos los proyectos visualizables a través de dispositivos de realidad virtual, bien sean vídeos 360° monoscópicos como aplicaciones interactivas estereoscópicas. Este formato tiene una metodología propia para su desarrollo, por lo que si se realiza un proyecto de RVP orientado a visualizarse en realidad virtual deberá estar planificado desde la propia toma de decisiones en la preproducción. Esto implica que sus resultados pueden ser significativos al combinarlos con otros datos.

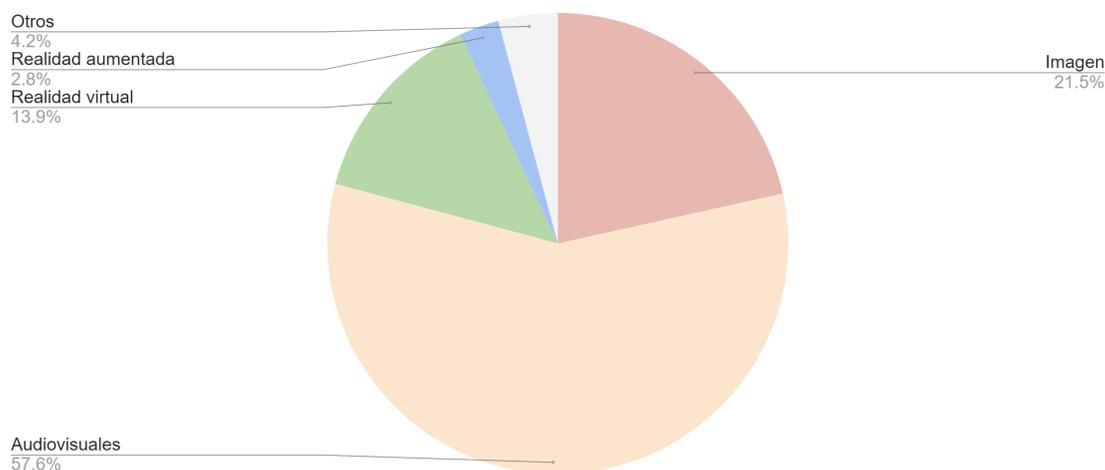
- Realidad aumentada

La realidad aumentada es un formato por el que se proyecta, en un dispositivo, un elemento virtual sobre una grabación en tiempo real a través de una cámara. De esta forma se puede contemplar, a través del dispositivo, el mundo real y, sobre este, información digital (Haydar et al., 2011).

Este formato de visualización tiene un papel importante en la divulgación del patrimonio histórico ya que se utiliza en la propia ubicación de los restos aún existentes de los bienes patrimoniales para superponer, a través de un dispositivo móvil, una visualización de su reconstrucción virtual. Esto lo convierte en un complemento que ha sido foco de atención de los investigadores en Humanidades Digitales, que suelen describir las ventajas divulgativas de este formato (Bekele et al., 2018). Habitualmente los proyectos de realidad aumentada no se plantean a partir de una inversión en los dispositivos necesarios para su visualización, confiando en que los propios visitantes a los yacimientos puedan visualizar el entorno a través de sus propios dispositivos móviles.

Se realizó una identificación de los formatos de visualización en todos los proyectos registrados, eliminando de esta clasificación los que estaban diseñados para una visualización mixta a través de varios dispositivos. Teniendo en cuenta esta clasificación, se recogieron los siguientes datos:

Figura 33. Distribución porcentual de cada uno de los formatos de visualización frente al total.



Fuente: elaboración propia.

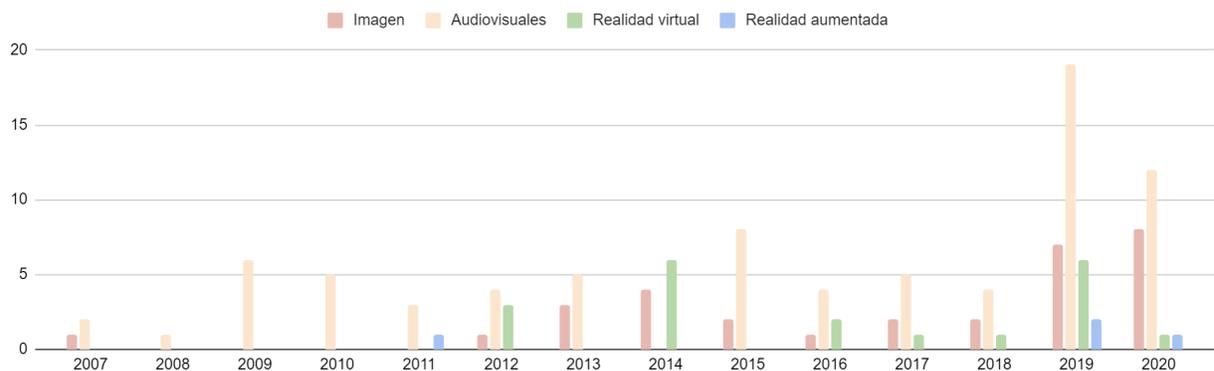
El gráfico muestra cómo una amplia mayoría de los proyectos están diseñados para un formato de visualización audiovisual. Comparando este resultado con el de imágenes fijas, que solamente conforman un 21,5% del total, se podría concluir que es más elevado el número de proyectos audiovisuales debido a que en la RVP el coste de desarrollo de un proyecto es similar

independientemente de que su visualización sea en imagen fija o audiovisual. Por ello, puede que existan proyectos que decidan aprovechar las ventajas didácticas del vídeo frente a la imagen fija. Además, para los casos en los que solamente se quiera representar imágenes fijas sigue existiendo la ilustración histórica convencional, cuyo coste es menor que la RVP si solo se realiza la reconstrucción desde una vista.

El bajo porcentaje de la realidad virtual y la realidad aumentada puede explicarse por su reciente incorporación al mercado, además de por ser formatos de visualización de coste más elevado y que requieren de un equipo de desarrollo más especializado. En futuras líneas de investigación se podrían comparar estos datos con las reconstrucciones virtuales de edificios, buscando si en espacios más reducidos es más habitual el uso de estos formatos.

Se pasa a comparar estos datos con el año en el que se ha desarrollado cada proyecto y con el nivel de detalle de los proyectos para buscar correlaciones concluyentes:

Figura 34. Distribución de proyectos por año según su formato de visualización.



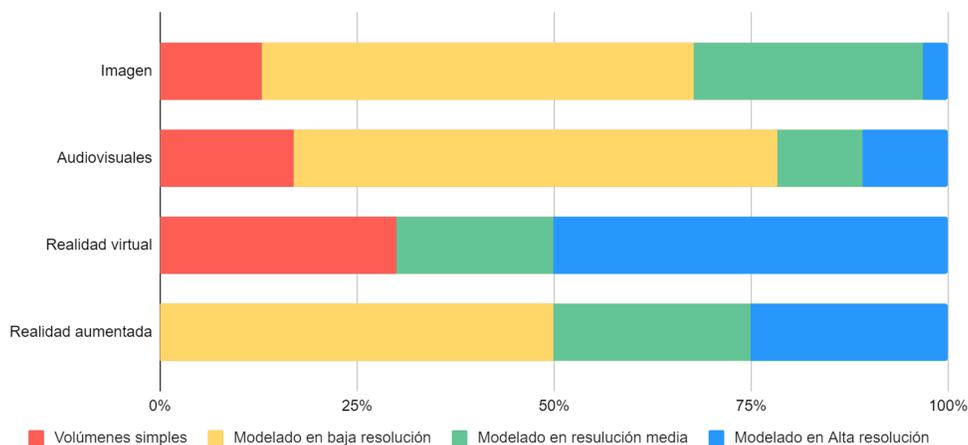
Fuente: elaboración propia.

Este gráfico aporta información que puede explicar el reparto de formatos de visualización. Se observa que tanto la realidad virtual como la realidad aumentada aparecieron considerablemente más tarde que los audiovisuales, siendo este el formato principal durante los primeros 6 años, por lo que lleva varios años de ventaja. Por otra parte, se puede observar un pico

muy elevado de vídeos realizados en los años 2019 y 2020, que se corresponde con los ya mencionados proyectos de RVP para el documental “Desmontando Galicia”. En cuanto a las imágenes fijas, aunque podría esperarse que su uso fuese decreciendo frente a otros formatos de visualización más complejos, se observa un ascenso constante de su uso a lo largo de los años, lo cual podría explicarse por la democratización tecnológica y la expansión de las metodologías de RVP entre los ilustradores arqueológicos tradicionales.

Se pueden buscar más explicaciones de esta distribución de formatos de visualización. Para esto se plantea el siguiente gráfico, en el que se compara nivel de detalle con formato de visualización:

Figura 35. Comparación de formato de visualización con nivel de detalle.



Fuente: elaboración propia.

Los proyectos de realidad virtual presentan un porcentaje mucho más elevado de modelado de resolución media y alta frente a los otros formatos. Esto guarda relación con la propia idiosincrasia de esta tecnología. Los usuarios tienen, generalmente, un punto de vista físicamente más cercano al modelo 3D que en los otros formatos de visualización, por lo que el realismo visual suele ser un factor determinante en el desarrollo de estos proyectos. Además, los proyectos de realidad virtual tienen como fin último su visualización inmersiva, lo que permite a los usuarios acercarse a modelos, que necesitan, por tanto, más nivel de detalle. El modelo 3D es el protagonista

de la experiencia mientras que, en otros formatos como el audiovisual, el realismo visual puede estar supeditado al resto de recursos de vídeo y apoyado en el relato generado.

Destaca el pico de proyectos con el nivel de detalle más simplificado en el formato de visualización de realidad virtual: se ha identificado esta desviación en el proyecto Virtimeplace, que desarrolló un modelado de varias ciudades en niveles de detalles simplificados para su visualización en realidad virtual. Esta explicación se ve reforzada por el hecho de que no se han registrado proyectos con bajo nivel de detalle, sino, solamente con nivel de detalle medio y alto.

Por lo demás, la distribución es más o menos homogénea, aunque sí que puede apreciarse una tendencia del nivel de detalle 2 en los audiovisuales e imágenes fijas, mientras que los detalles más altos se utilizan más habitualmente en proyectos en los que se puede visualizar una reconstrucción a la altura de los ojos, lo cual puede ocurrir en los cuatro formatos de visualización. Para contrastar estos datos también se registraron las distancias desde las que se visualizaban las reconstrucciones, pero estos datos no fueron esclarecedores, fundamentalmente por la complejidad de interpretar los diferentes puntos de vista que se registraban en cada proyecto.

3.2.3 Síntesis del estado de la cuestión de la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos en España.

El estudio de los proyectos de RVP realizados en España demuestra que la aplicación práctica de la RVP está en plena expansión en España, aunque el porcentaje de núcleos urbanos históricos que han sido reconstruidos es reducido frente a los que podrían haberlo sido. No en vano, solo se han registrado 147 proyectos en todo el país desde 2007 a 2020, unos 3 por cada provincia. Teniendo en cuenta el rico patrimonio histórico de España, es razonable buscar las causas y soluciones que permitan mejorar esta situación.

Los análisis comparativos han demostrado que el número de proyectos que se desarrollan cada año aumenta cada vez más, así como su nivel de detalle y su visualización en las más nuevas tecnologías: realidad virtual y realidad aumentada. Este crecimiento es reseñablemente más alto de 2017 a 2020, lo que podría prever un incremento exponencial del número de proyectos

desarrollados en los próximos años, significando el asentamiento de esta disciplina en la divulgación del patrimonio nacional.

Los centros de interpretación del patrimonio material deben garantizar una comprensión contextualizada y adaptada a diferentes públicos (Pérez-Juez Gil, 2006), para lo cual, se necesitan estrategias de difusión, entre las que está la representación gráfica del patrimonio y más concretamente la reconstrucción virtual.

Para favorecer esta expansión se plantea la necesidad de investigar sobre tres aspectos que se han identificado, tanto en el estado de la cuestión académico como profesional, como condicionantes para la aparición y desarrollo de proyectos de RVP: la disposición de información que garantice el rigor histórico, la financiación que posibilite sufragar los costes y la existencia de recursos humanos capaces de desarrollar técnicamente los proyectos.

3.2.3.1 Recursos humanos

El desarrollo de proyectos de RVP de núcleos urbanos requiere equipos de trabajo multidisciplinares (Pfarr-Harfst, 2016), con habilidad y experiencia que les permita afrontar la ejecución de las reconstrucciones virtuales (Borra, 2000). Las disciplinas que convergen en la RVP se apoyan en equipos técnicos que aplican los avances académicos en el ámbito profesional, aunque es difícil saber si estos recursos humanos son capaces de cumplir con la demanda creciente de proyectos. Un estudio reciente llevado a cabo por el investigador Sander Münster incluye los resultados de una encuesta masiva a especialistas en RVP (Münster, 2022) y concluye que para la expansión de la disciplina el factor más necesario, en este momento, es la disposición de personal especializado, pero esta encuesta podría estar condicionada al punto de vista académico, sin tener en cuenta el factor empresarial y otro tipo de circunstancias que puedan afectar a la expansión de la RVP. En cualquier caso, según cuáles sean las circunstancias del proceso hay proyectos que pueden ser desarrollados por equipos con poca formación y experiencia técnica, siempre que estén asesorados por alguien que pueda garantizar el rigor histórico (Gerth et al., 2005).

No obstante, los datos recogidos señalan que en España existen decenas de entidades y profesionales capaces de desarrollar proyectos de reconstrucción virtual del patrimonio con un alto nivel de complejidad. A partir de los datos obtenidos del censo de proyectos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos se han localizado, para esta investigación, 44 entidades que

entre sus servicios ofrecen la reconstrucción virtual del patrimonio. Se trata de empresas, asociaciones, trabajadores autónomos y universidades que, de alguna manera, cuentan con el *know how* para desarrollar estos proyectos. Este tejido productivo es considerable, pues cada equipo podría llegar a realizar un elevado número de reconstrucciones virtuales al año si se cumpliesen las condiciones necesarias, como la existencia de un interés por parte de la Administración Pública y de suficiente información sobre un bien patrimonial para su reconstrucción virtual. Este dato parece contradecir los datos de la encuesta realizada por el investigador Sander Münster que señalaban la escasez de recursos humanos para desarrollar proyectos de RVP, por lo que se planteará un análisis específico para verificar si el caso español presenta alguna peculiaridad con respecto al muestreo usado por Münster.

3.2.3.2 Disposición de información

La RVP convierte información arqueológica e histórica en imágenes a través de la tecnología. Esto significa, implícitamente, que dicha información tiene que existir. En la RVP la recopilación de información arqueológica y documentación histórica previa a cada proyecto, tal como mencionan los Principios de Sevilla y las metodologías presentadas anteriormente (Demetrescu y Ferdani, 2021), es una fase necesaria y determinante para que el resultado final sea adecuado en cuanto al rigor histórico. Esta fase está muy condicionada por varios factores:

- La financiación pública destinada a la investigación sobre el patrimonio material

La información que proviene de excavaciones arqueológicas necesita financiación pública, no solo para el trabajo de campo sino también para su estudio y divulgación. Siguiendo los acuerdos deontológicos de esta disciplina la propia disposición de información es imprescindible para asegurar el rigor histórico, por lo que la financiación es una condición indispensable para la investigación. Esta financiación también puede ser indirecta: suelen ser los investigadores en historia y patrimonio los que *motu proprio* deciden centrar su atención en yacimientos o poblaciones concretas. Este interés puede estar estimulado por las instituciones, pero la existencia

de investigadores con la iniciativa de recopilar información será un requisito importante para el impulso de iniciativas de RVP, y para que estos investigadores se desarrollen, también es necesaria la financiación de universidades y centros tecnológicos.

- El deterioro de la estructura urbana o la imposibilidad para su excavación

El patrimonio arqueológico urbano se caracteriza por su deterioro a lo largo del tiempo, tanto por la intervención del ser humano como por la erosión y otras causas naturales. Este deterioro supone que, en muchos casos, no se pueda obtener suficiente información que permita una reconstrucción virtual con rigor garantizado. Además, una buena parte del patrimonio urbano está oculto bajo construcciones posteriores, lo que impide un conocimiento completo de las fases de evolución de una ciudad salvo casos muy concretos (Azkarate y Solaun, 2013). Esta es una característica singular de los núcleos urbanos frente al resto de bienes patrimoniales sobre los que se han realizado proyectos de investigación en RVP: edificios singulares y artefactos históricos. Generalmente, los núcleos urbanos históricos cuentan con una zona extensa, cuya comprensión no puede ser total, sino que se dispone de un conocimiento limitado de áreas dispersas.

- La falta de recopilación de información de un momento concreto

Para que se pueda realizar una representación gráfica de un entorno urbano se necesita información precisa sobre un momento histórico concreto en la evolución de la población que permita que la imagen generada no presente anacronismos. La disposición de esta información depende de las diferentes fuentes de documentación que se puedan reunir para una reconstrucción virtual: prospecciones arqueológicas (Vizcaíno et al., 2013), fuentes históricas (Deggim et al., 2017), documentación gráfica (Wiedemann et al., 2000) o, incluso, memoria (Bianconi et al., 2023). En ocasiones, esta información es difícilmente clasificable, ya que para la reconstrucción virtual de un espacio determinado en un momento concreto se requiere un concienzudo y sistemático análisis de todas las fuentes disponibles (Bruschke y Wacker, 2016). Es habitual que se disponga de suficiente información, analizada por décadas de trabajos historiográficos y excavaciones arqueológicas, como para plantear reconstrucciones virtuales de núcleos urbanos fieles a la realidad histórica. No es frecuente que se haya hecho, previamente, el esfuerzo de

recopilar toda esta información referida a un momento concreto en la evolución de un yacimiento completo (Gabellone, 2017). De no existir esta recopilación de información, esta debería ser la primera fase en la metodología de cualquier proyecto (Pietroni y Ferdani, 2021).

Un aspecto reseñable es que hay un tipo de espacios urbanos que tienden a tener una documentación más precisa sobre una fecha concreta y son los que han dejado de ser poblados en un momento determinado, por la razón que sea, convirtiéndose, con el tiempo, en un yacimiento arqueológico. La excavación de estos yacimientos ofrece una visión global del momento de su abandono, aportando una información completa de un momento concreto. Esto es más difícil de obtener en espacios urbanos que siguen habitados hoy en día, por ser más complejo determinar momentos específicos de su evolución para la realización de representaciones gráficas.

Por otra parte, es habitual que en los proyectos de RVP se requiera rellenar los vacíos de información que no ha podido ser extraída de la documentación con hipótesis sobre cómo pudo haber sido lo que se ignora cómo era. Estas hipótesis, en sí mismas, también requieren de información, ya que se generan a partir del análisis de la frecuencia de aparición de objetos y estructuras y la documentación de casuística similar al objeto del proyecto de RVP (Gamble, 2002). Así, cuanto más aumente el conocimiento global sobre la historia y la arqueología más información habrá sobre la que apoyarse para generar reconstrucciones virtuales más rigurosas.

3.2.3.3 Financiación e iniciativa institucional

Los costes de recursos, tanto humanos como técnicos, necesarios para la ejecución de proyectos de RVP son considerables debido a su complejidad técnica (Cabanes et al., 2017). Estos recursos deben ser financiados para poder desarrollar proyectos de RVP y, aunque puede existir, y existe, la iniciativa privada autofinanciada, son las instituciones públicas de cada estado las que mayoritariamente sufragan los costes de esta disciplina, como así recogen las cartas internacionales sobre preservación de patrimonio. El presupuesto dedicado desde las administraciones a la RVP no es capaz de abarcar todos los yacimientos en los que sería interesante contar con una representación gráfica que mejore su divulgación, por lo que se plantea necesaria la optimización de los recursos dedicados a la RVP para aumentar su asequibilidad y fomentar su uso.

La competencia de la divulgación del patrimonio está en la Administración Pública y debe ser la que impulse esta nueva disciplina, aunque también haya espacio para la iniciativa privada. Actualmente, la regulación sobre la divulgación del patrimonio es intrincada y provoca que, en ocasiones, sea complicado delimitar las competencias y límites de actuación en la divulgación del patrimonio. Existen iniciativas inconexas a nivel europeo, nacional, regional y local (Pérez-Juez Gil, 2006) que dificultan la expansión social de la RVP.

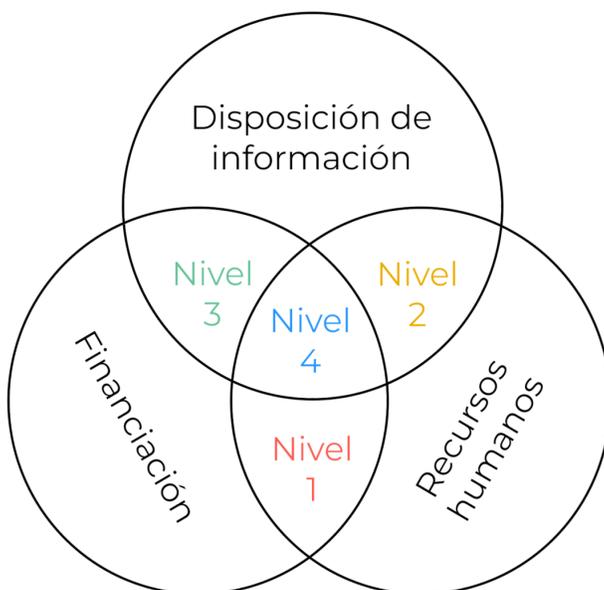
El análisis de los proyectos realizados en España parece apuntar a que el problema no radica tanto en la falta de financiación como en la falta de interés institucional en el caso concreto de los núcleos urbanos frente a otros bienes patrimoniales, como edificios o yacimientos arqueológicos. Se ha identificado que la reconstrucción virtual de núcleos urbanos que permanecen habitados no está contemplada dentro de las estrategias de divulgación del patrimonio a nivel nacional, lo que dificulta que las diferentes instituciones desarrollen proyectos por iniciativa propia. Este hecho es particularmente destacable ya que la historia de los núcleos urbanos que siguen siendo habitados debería ser más conocida por la sociedad que los habita. No en vano, son estos los que más vinculación tienen con la evolución cultural de la sociedad. El patrimonio histórico más cercano a la población está oculto bajo sus pies y por tanto pasa desapercibido, principalmente, por falta de divulgación.

Aparte de la financiación, las instituciones públicas también tienen la responsabilidad de tomar la iniciativa en la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos. La divulgación del patrimonio depende de las decisiones estratégicas de la administración pública, y, por esto, se debe estimular la vinculación entre las investigaciones académicas y las empresas desarrolladoras para incentivar el aumento de las iniciativas públicas. Esta iniciativa dependerá en muchas ocasiones de la voluntad política, que puede estar sujeta a decisiones subjetivas, por lo que se necesita, para la consolidación de la RVP, que se generen estrategias a nivel nacional para regular y fomentar el uso de esta disciplina.

Tras el análisis de la literatura académica y de los trabajos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos se infiere que es necesario analizar estos tres factores y su interrelación, que definirá otro aspecto fundamental en la RVP: el nivel de detalle. Dependiendo de la influencia de los tres condicionantes se deberá tomar una decisión sobre el nivel de detalle del proyecto, lo cual tendrá repercusiones en todo el flujo de trabajo y el resultado final.

Estos tres condicionantes no tienen valores absolutos sino relativos, presentando, cada uno de ellos, influencia en los otros dos. Se propone el siguiente diagrama de Venn para conceptualizar la interrelación de estos tres factores.

Figura 36. Correlación entre condicionantes de proyectos de RVP y niveles de detalle.



Fuente: elaboración propia

3.2.3.4 El uso de los niveles de detalle

El estado de la cuestión académico y el análisis de los proyectos desarrollados en España permiten apuntar algunas características extras sobre cada nivel de detalle:

- Nivel de detalle 1: volúmenes simples

Este nivel de detalle se debe realizar en las situaciones en las que exista información insuficiente para garantizar el rigor histórico y solo se pueda realizar una aproximación esquemática. Si existen equipos humanos capaces de realizar el proyecto y alguna entidad está

dispuesta a financiarlo, aun así, no es recomendable que generen un nivel de detalle más alto pues iría en contra de los principios fundamentales de la RVP. Este nivel de detalle no significa, *per se*, que los proyectos no sean atractivos, sino que se pueden dedicar más recursos al acabado visual, al formato de visualización o al relato que lo conduzca.

- Nivel de detalle 2: modelado de baja resolución

El modelado de baja resolución puede ser utilizado en los casos en los que haya equipos de trabajo que sean capaces de desarrollar un proyecto y se cuente con información suficiente, aunque el presupuesto sea reducido. Este nivel de detalle es técnicamente menos complejo que los siguientes y puede sufragarse a través de inversiones más reducidas. Quizá esto guarde relación con el análisis previo, en el que se localizaron muchos más proyectos de este nivel de detalle que de los otros tres en el caso español.

- Nivel de detalle 3: modelado de resolución media

Si existe información suficiente y se puede financiar convenientemente un proyecto de RVP podría llegarse a un nivel de detalle más elevado, aunque no al nivel 4 para el cual sí que harían falta equipos de trabajo especializados. Los procesos de reconstrucción virtual pueden ser llevados a cabo por profesionales de otros sectores, como la arquitectura, la publicidad o la producción audiovisual, siempre que sean bien guiados por un experto en la materia. En estos casos, si el equipo de trabajo no está especializado en la RVP podría llegarse a un nivel de detalle de resolución media pero difícilmente de alta resolución.

- Nivel de detalle 4: modelado de alta resolución

Para que se pueda dar este nivel de detalle en la RVP de un núcleo urbano se ha de disponer de suficiente información, contar con la financiación necesaria y con la existencia de un equipo de trabajo especializado se puede realizar un producto de alta resolución. Esto no significa que siempre sea la mejor solución, sino que cada caso en concreto, teniendo sus condicionantes, tendrá que adaptarse al resultado que pueda conseguir.

Por tanto, estos condicionantes tienen una relación directa con los niveles de detalle, teniendo, cada uno, particularidades en su flujo de trabajo. Según estos factores, la estrategia de actuación en la disciplina de la RVP a nivel nacional debería centrarse en dos cuestiones básicas:

- La optimización de recursos en las metodologías de trabajo en RVP

Los datos parecen apuntar a que existe una falta de regulación específica y, por tanto, de iniciativa desde las administraciones públicas para estimular la RVP de núcleos urbanos. Esta falta de iniciativa implica una falta de financiación o, en todo caso, una disposición limitada de recursos, por lo que se hace apremiante buscar cualquier estrategia que permita optimizar el proceso de trabajo, sobre todo teniendo en cuenta la ingente cantidad de patrimonio histórico español que no cuenta con divulgación a través de la RVP.

- La investigación sobre las capacidades didácticas de diferentes niveles de detalle

Los proyectos de RVP de núcleos urbanos con bajos niveles de detalle tienen la ventaja de que necesitan menos recursos para su desarrollo y que son más fieles al rigor histórico, al no tener que plantear una conjetura demasiado alejada de la documentación e información arqueológica. Estos niveles de detalle podrían ser suficientes para mejorar considerablemente la comprensión de un espacio urbano desaparecido, y podrían ser los más fácilmente aplicables al caso español, con todas las peculiaridades y características que se han señalado, en concreto, la falta de iniciativa institucional.

4. Metodología

La naturaleza teórico-práctica de esta investigación ha definido y orientado las diferentes metodologías utilizadas. En primer lugar, y con el fin de detectar los principales ítems abordados por los autores, se ha procedido, en el estado de la cuestión, a la lectura y análisis de la bibliografía existente sobre el tema. Puesto que la RVP no es un asunto exclusivamente académico, se ha llevado a cabo una búsqueda y análisis de aquellos proyectos realizados en España entre 2007 y 2021. El estudio de ambas cuestiones ha permitido comprender las tendencias y las limitaciones de una disciplina en auge, a la vez que descubrir cuáles son los elementos que influyen de manera más directa en esta disciplina. De esta manera, se ha detectado que la financiación, la información y los recursos humanos son las principales cuestiones que deben tenerse en cuenta a la hora de abordar un proyecto de RVP. La necesidad de crear más proyectos exige a los promotores y/o autores comprender la eficiencia y eficacia de los distintos niveles de detalle para poder plantear cada reconstrucción de manera óptima, según sus características. Es necesario profundizar en el estudio de las relaciones entre estos elementos con el fin de facilitar el proceso de toma de decisiones en la preproducción de un proyecto de RVP.

Tanto para corroborar las deducciones obtenidas del estado de la cuestión como para buscar una respuesta pragmática a esta problemática, se ha diseñado una metodología estructurada en tres fases que, desde la creación de un modelo práctico y a partir de la medición de los condicionantes señalados, posibiliten establecer conclusiones que permitan optimizar las decisiones sobre los niveles de detalle de los proyectos de RVP de núcleos urbanos históricos:

La primera fase consistió en el desarrollo de un proyecto de reconstrucción virtual de un entorno histórico con diferentes niveles de detalle calculando los recursos invertidos y permitiendo que pueda ser utilizado como herramienta a partir de la cual desarrollar las técnicas de medición. Para este caso, se ha elegido la ciudad de Vitoria-Gasteiz en el siglo XII.

En la segunda fase se procedió a la implementación de un método mixto de análisis de datos que abarca tanto la metodología cuantitativa como cualitativa. Esto ha permitido estudiar la

importancia de los niveles de detalle tanto en el proceso de desarrollo de los proyectos de RVP como su impacto en la audiencia.

Estos resultados se utilizaron para extraer unas conclusiones a partir de las que plantear una propuesta de mejora que pueda aplicarse en la toma de decisiones de la preproducción de un proyecto de RVP.

Figura 37. Fases de esta tesis doctoral.



Nota: en gris las fases ya realizadas y en negro las que se definen en esta metodología y se desarrollan en el apartado de resultados. Fuente: elaboración propia.

El método se ha definido en varias fases para apoyar con mayor solidez las deducciones, así como extraer resultados tanto sobre el proceso de desarrollo como sobre el impacto de un producto de RVP en el público objetivo que permitan una mejor exploración, explotación y generalización de los datos (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). De esta manera, se pretende aportar avances a esta disciplina desde una perspectiva práctica, ya que se espera que las conclusiones puedan utilizarse para mejorar el desarrollo de futuros proyectos de RVP.

4.1 Reconstrucción virtual con diferentes niveles de detalle

Se han realizado dos versiones de una reconstrucción virtual de un núcleo urbano histórico, cada una en un nivel de detalle diferente. De este modo, sirvieron como base para la medición cuantitativa y el análisis cualitativo. El análisis de un mismo modelo con dos resoluciones

diferentes permite obtener conclusiones más sólidas gracias al contraste en la variación de los resultados generados a partir de su diferencia. Los análisis cuantitativos y cualitativos a partir de la comparación de estas imágenes serán los que permitan establecer conclusiones sobre la influencia de los niveles de detalle en la percepción del resultado de una reconstrucción virtual.

Cada una de estas versiones se realizó a partir del mismo nivel de información y conjetura histórica, por lo que se analizaron, exclusivamente, los recursos dedicados al desarrollo técnico, focalizando la investigación en las variables independientes. La disposición de un proyecto de reconstrucción virtual realizado en diferentes niveles de detalle permitió una medición adecuada, ya que, de este modo, se evitaron posibles distorsiones ajenas al sujeto de interés de este experimento, centrandolo en la tríada de condicionantes.

Esta prueba de medición, que utiliza el mismo núcleo urbano como referencia, fue, además, realizada por el mismo técnico, lo que ha permitido extraer resultados de la medición del coste de recursos, en este caso, en horas de desarrollo. Esto ha permitido explorar una condición esencial de estos proyectos (la financiación), así como la comprensión de la distribución de recursos en RVP. Si no se define claramente la resolución deseada antes de iniciar el proceso de desarrollo, existe el riesgo de destinar recursos en exceso, abordar un nivel de detalle innecesario y, por lo tanto, incurrir en costos excesivos, o, por el contrario, que la resolución final no sea suficiente para cumplir con los requisitos necesarios (Biljecki, 2013).

La RVP tiene una singularidad en este proceso que no se comparte con otros ámbitos del modelado 3D de espacios urbanos: la investigación histórica paralela al proceso de modelado. Según se avanza con el desarrollo técnico, se desencadenan dudas y conjeturas que no pueden ser previstas en la primera fase de documentación, así que los modeladores deben ir adaptando su trabajo a la investigación histórica, artística y arquitectónica que se desarrolla a partir de sus avances (Münster et al., 2018). Esta característica tendrá una influencia importante en esta investigación, ya que cada proyecto de RVP tiene unas características tan variopintas en su contexto que la medición sobre el impacto de estos factores en el propio proceso de desarrollo es muy compleja. Hay autores que especifican esta medición en sus casos de estudio (Koutsoudis et al., 2008) pero esto no es, al menos de momento, aplicable a gran escala en la RVP. Por tanto, en este caso se ha desarrollado un modelo 3D basado en un proceso de investigación y análisis ya

realizado con anterioridad, que ha permitido que el tiempo dedicado al desarrollo de ambas versiones del modelo no esté demasiado influenciado por la investigación histórica paralela.

Ambas versiones se han realizado a partir de la reconstrucción virtual de la actual ciudad de Vitoria-Gasteiz en época medieval. Estos modelos forman parte de una serie de iniciativas de transferencia entre la Universidad de Burgos y la Fundación Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz centradas en la difusión del templo y su entorno: “Metodología de investigación histórica basada en el desarrollo de modelos espaciales tridimensionales” y “Didáctica de la realidad virtual en el turismo y la difusión del patrimonio”.

Esta fase de la metodología es innovadora en el sector, ya que no es frecuente que se realicen modelos de manera específica para su medición. Los autores que investigan sobre los diferentes niveles de detalle en el modelado 3D de entornos urbanos analizan cada nivel de detalle, planteando cómo y para qué deben ser usados (Biljecki, 2013). Sin embargo, en esta tesis se plantea la creación de dos modelos *ad hoc*, para generar una medición específica que permita profundizar en la percepción del público de los niveles de detalle. Además, las publicaciones académicas sobre RVP no suelen incorporar análisis estadísticos, centrándose más en aspectos relativos a la metodología de diseño de productos de RVP. La disposición de dos modelos que permitan generar una medición mixta aportará una nueva forma de avanzar la disciplina de la RVP.

A la hora de realizar el modelado 3D de un núcleo urbano histórico se debe planificar la información que se dispone para decidir la implementación de los diferentes tipos de modelado aplicados a la RVP de núcleos urbanos (Münster, 2013):

- Modelado semiautomatizado, en el cual se aplican procesos paramétricos basados en algoritmos que facilitan la creación y dispersión de estructuras (Kadi y Anouche, 2019).
- Procedural, que genera conjuntos de modelos de manera masiva a partir de la interpretación de unas instrucciones por parte de los desarrolladores (Smelik et al., 2014).
- Manual, en el que técnicos especializados diseñan cada una de las estructuras por separado para luego distribuirlas por un espacio generando el trazado urbano (Gabellone, 2006).

En este caso, se pondrá el foco en el modelado manual, buscando analizar la diferencia en este proceso de trabajo entre ambos niveles de detalle. El modelado automatizado o procedural pueden ayudar a optimizar los procesos de trabajo en RVP de núcleos urbanos, pero se necesitaría una serie de estudios específicos sobre su adaptación a la optimización en diferentes niveles de detalle. Para garantizar unos resultados específicos se ceñirá la prueba a un único sistema de trabajo.

La técnica del modelado 3D manual ha evolucionado desde los orígenes de la computación gráfica basándose en unos principios fundamentales en la forma de creación y manipulación de volúmenes, así como en la asignación de texturas (Gabellone, 2019). Los procesos técnicos han variado y su uso se ha extendido por diferentes ramas de las humanidades digitales (Münster, 2021). En esta área, la literatura académica sobre RVP suele hacer mención a la fase de modelado 3D como una fase más del desarrollo pero sin especificar cuáles han sido los procesos concretos y las herramientas que se han utilizado. En algunos casos, los investigadores señalan el software y alguna peculiaridad técnica sobre cómo han llevado a cabo esta fase del proceso, pero sin que se subraye su influencia en el resultado final en los casos de estudio (Wiedemann et al., 2000).

Por tanto, en este estudio, se ha seguido un desarrollo de la reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz en el siglo XII basado en el uso de técnicas mixtas, orientadas a buscar una distribución eficiente de recursos para la ejecución de cada tarea. La falta de literatura académica específica sobre aspectos técnicos del proceso de RVP ha supuesto que no se sigan las pautas de ningún autor concreto para el modelado 3D de esta prueba, por lo que se describen los pasos que se han seguido en el apartado de resultados para que sirva como recurso en futuros trabajos que exploren esta vía.

4.2 Metodología de investigación mixta

Para garantizar unos resultados fiables se ha seguido una metodología mixta, que combina tanto técnicas cualitativas como cuantitativas y que ha usado, como elemento principal, imágenes de sendas reconstrucciones virtuales en dos niveles diferentes de detalle. La tríada de

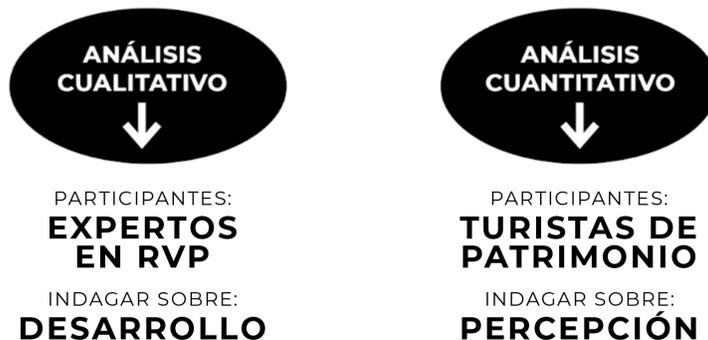
condicionantes en los niveles de detalle de la RVP afecta tanto a la fase de desarrollo como a la difusión final de los resultados, por lo que se definirá un sistema que permita obtener conclusiones desde ambas perspectivas.

Se ha llevado a cabo un análisis cualitativo a partir de las reflexiones y opiniones de varios expertos en la materia a través de la realización de un grupo focal. En él se buscó corroborar con los expertos algunas de reflexiones extraídas de las fuentes académicas, así como encontrar información que no estuviese recogida en la literatura académica. El análisis cuantitativo se llevó a cabo a través de un cuestionario orientado a un público amplio e interesado en el patrimonio cultural (visitantes de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz). Su finalidad era estudiar la percepción que los turistas podían tener de los modelos creados y su actitud ante los distintos niveles de detalle. Se considera que esta medición es especialmente relevante al considerar la RVP como un proceso comunicativo en el que es tan importante el concepto que quiere transmitir el emisor como el mensaje que recibe y asume el receptor.

La recogida de datos se realizó de manera simultánea. Para ellos se ha desarrollado un diseño que cumple las siguientes características:

Los datos son recabados en paralelo y de forma separada, tal y como se puede ver en la siguiente figura.

Figura 38. Esquema de los dos tipos de análisis estadísticos realizados para este estudio.



Fuente: elaboración propia.

Ninguno de los dos análisis de sustenta sobre el otro, aunque ambos lo hacen sobre la revisión de la literatura académica sobre RVP como se ha especificado anteriormente.

Tanto los datos cualitativos como los cuantitativos han sido recolectados y analizados de forma autónoma.

4.2.1 Las variables de investigación

En la literatura académica sobre la RVP de núcleos urbanos es habitual encontrarse casos de estudio que aplican una metodología concreta y exponen los resultados obtenidos. No es, sin embargo, tan frecuente que se realice una investigación empírica, comparativa y con mediciones mixtas que permitan extraer deducciones veraces que acerquen sus conclusiones a la evidencia científica.

De este modo, se plantea que, para conocer la relación entre la tríada de condicionantes y los niveles de detalle, se debe definir unas pruebas de evaluación que permitan profundizar tanto en el proceso de creación como en la percepción. Estas pruebas se usaron tanto para el análisis cuantitativo como para el cualitativo. Para esto, se debe tener en cuenta cualquier aspecto que pueda influir en el proceso de desarrollo de un proyecto y en su recepción por los diferentes públicos objetivos. Estos aspectos se han identificado como variables, una pieza fundamental del método científico que permite clasificar todos los factores que puedan influir en el resultado de un experimento a partir de su manipulación y medición. Así, las variables de investigación se clasifican en: variables independientes; las que se modifican en un experimento; dependientes, las que son modificadas y generan resultados; y las de control, las que no se modifican para no distorsionar el experimento.

4.2.1.1 Variables independientes

Las variables independientes son posibles en este estudio por el hecho tanto de realizar el modelo virtual desde cero, así como por hacerlo en dos niveles diferentes de detalle. Así, se pueden

realizar modificaciones cuyos resultados sean las variables dependientes y que permitan extraer conclusiones fundamentadas en resultados medibles. El hecho de desarrollar un proyecto desde cero y orientado a la obtención de resultados sobre, específicamente, los niveles de detalle, permite poder modificar algunos de los procesos para determinar su influencia en la propia percepción según la resolución final de cada modelo. La modificación de estas variables es bastante innovadora en el ámbito de la RVP ya que, habitualmente, los modelos que se desarrollan son únicos y se obtienen conclusiones a partir del resultado, pero no del proceso.

4.2.1.2 Variables de control

Existen varios factores interrelacionados con los niveles de detalle que pueden interferir tanto en el proceso como en sus resultados. Estos factores serán identificados para que esta interferencia esté controlada, posibilitando que los efectos de cada variable independiente se puedan analizar por separado, extrayendo conclusiones específicas de cada factor que se esté analizando.

4.2.1.3 Variables dependientes

Las variables dependientes son los resultados obtenidos a partir de las modificaciones de las variables independientes que se seleccionan para la prueba experimental. Esto permite que el análisis posterior, tanto cualitativo como cuantitativo, parta de la comparación de diferentes resultados mesurables. De este modo, tanto la encuesta como el grupo focal, generaron conclusiones más sólidas, al estar basados en un análisis comparativo entre diferentes variables independientes y no meramente sobre un único resultado.

Se han identificado las siguientes variables, que podrán usarse, en según qué casos, como variables dependientes, independientes o de control:

- Niveles de detalle

Los propios niveles de detalle pueden utilizarse como una variable, ya que se pueden generar diferentes versiones de un mismo modelo modificando solamente su resolución. Por tanto, se usaron los niveles de detalle como variable independiente, y, según cómo afectaron a las variables dependientes, se pudo comprender la influencia de los niveles de detalle en otros procesos de la RVP. Este aspecto es innovador en el ámbito de la RVP y clave en esta tesis doctoral.

- Distancia

Los niveles de detalle son percibidos de diferente manera según la distancia de la vista (Biljecki, 2013). Cuanto más cerca se visualice un modelo, más se percibirá el detalle, lo cual influye directamente en la adecuación de los diferentes niveles a cada vista. La distancia puede mantenerse como una variable de control, midiendo los diferentes niveles de detalle de un modelo usando el mismo encuadre, o bien, como variable independiente, midiendo el mismo nivel de detalle desde diferentes distancias.

- Sensación de aprendizaje

La RVP tiene como uno de sus objetivos la generación de conocimiento, que surge, a través de la percepción de las imágenes generadas digitalmente (Münster, Hegel, et al., 2016). El aprendizaje de este conocimiento no es mensurable de manera cuantitativa, ya que los resultados estarían demasiado alterados por demasiados factores externos. Aunque los conocimientos de una persona pueden ser medidos a través de diferentes sistemas (Hunt, 2003), no se puede observar la capacidad de generación de conocimiento de una imagen concreta, ya que en este proceso interfieren otros factores como la percepción y la comprensión. Dado que la didáctica es uno de los fines últimos de la disciplina, se plantea realizar una medición indirecta, basada más en factores medibles como podría ser la percepción de aprendizaje, que sí que puede ser analizada a través de una escala de opinión. Si los participantes de una encuesta opinan que algo favorece su aprendizaje, se puede concluir que, efectivamente, lo hace. Los sistemas de medición de opinión a través de

una escala Likert son comunes para la evaluación del aprendizaje y la enseñanza (Catano y Harvey, 2011).

Por otra parte, se podrían utilizar técnicas cualitativas para acercarse a esta influencia en la capacidad del aprendizaje a través de diferentes técnicas de análisis, discusión o entrevistas. La dificultad radica en que el público objetivo de los proyectos de RVP es extraordinariamente amplio, ya que se trata de prácticamente toda la sociedad. Los resultados de este análisis cualitativo solo serían relevantes si contasen con un muestreo que garantizase la representación de todos los estamentos sociales, lo cual es demasiado ambicioso para este estudio. Como acercamiento a esta medición, se plantea un análisis cualitativo orientado solamente a expertos en la RVP.

En este estudio, la sensación de aprendizaje será una variable dependiente, ya que la opinión de los encuestados puede ser medida, pero siempre que existan modificaciones en las variables que generen diferentes resultados que puedan ser analizados a través de la comparación.

- Iluminación y renderizado

El tipo de iluminación podría condicionar la percepción y el atractivo visual de un proyecto de RVP de un núcleo urbano (Kiourt et al., 2017). En los inicios de esta disciplina, los niveles de detalle jugaban un papel importante en la iluminación y el renderizado ya que se usaban niveles de detalle más reducidos para hacer los tests de iluminación que, posteriormente, se aplicaban sobre los modelos definitivos (Gutiérrez et al., 2004). En la actualidad, la evolución tecnológica ha reducido considerablemente los tiempos de renderizado y se puede aplicar una iluminación realista (Papadopoulos, 2018) y, por tanto, compleja de procesar, sin que esto signifique, necesariamente, que se condicione el flujo de trabajo de un proyecto, al menos en la imagen fija y secuencial. La iluminación en tiempo real, usada en formatos como los videojuegos, paseos interactivos o realidad virtual, entre otros, sí que requiere, hoy en día, procesos de optimización (Webster, 2017).

La iluminación se podrá utilizar como variable de control, esto es, utilizando la misma iluminación para varias versiones con diferentes niveles de detalle del mismo modelo, o bien, como variable independiente, siendo modificada para comprobar si la iluminación, en sí misma, puede condicionar las otras variables.

- Formato de visualización y tamaño

A la hora de evaluar la tríada de condicionantes en los niveles de detalle se debe fijar, como variable de control, el formato de visualización de los proyectos de RVP. Desde casi el inicio de la disciplina, los modelos 3D han podido ser visualizados como imágenes fijas, audiovisuales, formatos inmersivos y otros sistemas, teniendo cada uno de ellos particularidades a la hora de mostrar los contenidos. Estas características propias pueden influir en la capacidad de comprensión de un modelo 3D, aumentando o limitando las ventajas de cada uno de los niveles de detalle (Checa et al., 2016). Se limitará, por tanto, este estudio, al análisis de imágenes fijas, previendo que este diseño experimental se pueda adaptar, en un futuro, a su aplicación en otros formatos como audiovisuales, realidad aumentada o realidad virtual.

Por otra parte, el propio tamaño de la visualización puede influir en la percepción. La diferencia entre varios niveles de detalle será, previsiblemente, más patente, cuanto más grande sea la representación visual, bien sea en un medio impreso o digital. Para conocer la influencia de esta variable en el proceso se necesitarán futuros estudios específicos que utilicen esta variable como independiente, ya que la elección de un nivel de detalle podría depender de una manera fundamental del formato de visualización y su tamaño.

- Información

En la RVP, la información que se utiliza para la generación de imágenes no implica solamente el proceso de documentación previo, sino que el propio desarrollo genera un desencadenante de preguntas sin respuesta (Galinié, 2012) que requieren que, según avance el proyecto, se vaya necesitando dedicar más tiempo tanto a conseguir como a interpretar más información. Es esperable que el tiempo requerido para la información, documentación e interpretación en RVP aumente, proporcionalmente o no, según el nivel de detalle que se pretenda obtener. Por tanto, la información ya supone, en sí misma, un elemento de la tríada de condicionantes en la RVP de núcleos urbanos que puede condicionar otras variables, por lo que se tendrá en cuenta, al menos, como variable de control.

Medir el impacto de la información como variable de forma directa es complicado, sin embargo, puede obtenerse un valor indirecto a través del tiempo dedicado en un proyecto a esta

fase. La información es un factor muy cambiante según la casuística de cada proyecto de RVP, por ello, no se utilizará más que como variable de control. Las diferentes versiones de un proyecto de RVP que se realizarán como parte de este estudio partirán de la misma cantidad de información, que será la obtenida para la realización del nivel de detalle más alto. Así, la misma disposición e interpretación de información se usará para la realización de los diferentes modelos, generando un análisis de los factores en los que se centra este estudio.

4.2.2 Análisis cualitativo

Dentro de las técnicas cualitativas para la extracción de información y conclusiones en entornos complejos están una serie de metodologías fundamentadas en el diálogo, el contraste de opiniones y la retórica. A partir de estos procedimientos se puede obtener información de un usuario, una pareja o un grupo de manera simultánea, buscando obtener información que no pueda ser extraída con datos numéricos o medibles (Tadajewski, 2016). Las formas de extraer información de varias personas a la vez han sido analizadas desde diferentes ámbitos académicos, denominando como dinámicas de grupo a una variedad de técnicas sistematizadas que cuentan con una metodología específica y se pueden ajustar a las particularidades de una investigación concreta. Estas dinámicas de grupo reúnen a diversos individuos con alguna característica común que participan en sesiones de debate y discusión con el fin de analizar sus reflexiones y expresiones, buscando profundizar en comportamientos e ideas humanas complejas (Mays y Pope, 1995).

En disciplinas tan nuevas como las humanidades digitales, y, en concreto, la RVP, es necesario ir generando marcos de actuación que establezcan líneas estratégicas, así como llegar a acuerdos que permitan asentar su sustrato académico. Los métodos cuantitativos no pueden resolver, por sí solos, algunas de las cuestiones más complejas, y los métodos cualitativos de carácter masivo no permiten obtener retroalimentación que es, en sí misma, una técnica tradicionalmente utilizada en la búsqueda del conocimiento complejo, como la dialéctica en el campo de la filosofía. Por otro lado, en la investigación cualitativa de carácter individual, principalmente a través de formatos de entrevistas, es complicado extraer más información que la

superficial, que es la que habitualmente se puede generar de manera creativa por parte del entrevistado ante preguntas inesperadas para las que no tenía una opinión formada. Existe literatura académica que incluye valoraciones de expertos y entrevistas (Münster y Terras, 2020), pero el proceso de debate de las dinámicas de grupo puede favorecer la generación de reflexiones más complejas y meditadas, a través del propio estímulo de los argumentos que se vayan desarrollando en el procedimiento.

Existen ejemplos del uso de diálogo grupal para extraer conclusiones complejas a partir del debate y la confrontación de opiniones entre expertos en el campo de las humanidades digitales (Arnold y Geser, 2008), consiguiendo una información muy útil para el asentamiento académico de la disciplina. De igual manera, en la RVP se utiliza el diálogo argumentado para profundizar en las líneas estratégicas de innovación y los marcos de desarrollo que deban generarse de manera común para todos los investigadores. Los referentes de este proceso de diálogo son la Carta de Londres y los Principios de Sevilla, casos de consenso entre investigadores y especialistas en la materia generados tras un debate colectivo de especialistas.

Dentro de las dinámicas de grupo, existen diferentes formatos que se pueden adaptar a las necesidades de cada investigación. En este estudio, se necesita el análisis cualitativo para conocer la opinión de los expertos en desarrollo de proyectos de RVP, por lo que no se requieren análisis pormenorizados de actitudes, conductas y comunicación no verbal, ya que se espera que los conocimientos de cada usuario sirvan como base sólida para la generación de las conclusiones definitivas. Con estas características, se ha decidido realizar esta medición a través de un grupo focal, una técnica que se comenzó a utilizar a lo largo de la primera mitad del siglo XX (Tadajewski, 2016) y que se ha ido consolidando en las ciencias sociales y humanidades, llegando a contar con una metodología específica tanto para la configuración de estos grupos como para el desarrollo de las dinámicas (Merton et al., 1956). Se suele utilizar este formato para comprender ideas, opiniones y conductas de grupos homogéneos, intentando profundizar más que otras técnicas de recolección de datos cualitativos sin retroalimentación como las entrevistas grupales (Kitzinger, 1995).

Habitualmente, esta dinámica se utiliza con una perspectiva sociológica, intentando profundizar más allá de la información superficial que puedan proporcionar una o varias personas en una entrevista. Los grupos focales pueden tener un número indeterminado de participantes, que

variará según las características de la investigación, pudiendo ser entre un grupo de cinco personas a varias decenas. Estos grupos pueden estar formados de manera artificial, sin que los participantes se conozcan con anterioridad, lo cual es conveniente en los casos en los que el contexto previo o las relaciones interpersonales puedan contaminar los resultados, o bien, pueden ser grupos ya existentes o combinados, lo que puede favorecer la fluidez del diálogo y la referencia a temas o ejemplos conocidos de antemano por los participantes (Kitzinger, 1994).

Una variante de los grupos focales son los grupos de discusión, una dinámica en la que se generan varios grupos de conversación, con cualidades singularizadas, que debaten sobre un tema en concreto mientras son conducidos por un moderador (Ibáñez, 1979). Posteriormente se recoge y analiza la información generada en los diferentes grupos y se contrasta para buscar conclusiones más certeras. Esta herramienta es utilizada para comprender procesos sociales complejos, ya que la propia conversación puede hacer profundizar a los participantes en sus propias ideas o sentimientos hacia un tema en concreto.

En este estudio se requiere extraer conclusiones sobre la tríada de condicionantes en los niveles de detalle de la RVP de núcleos urbanos desde la fase de desarrollo de estos proyectos, ya que tanto la disposición de información como la financiación y las capacidades técnicas de los equipos de trabajo son ignoradas por los receptores de la información. Estas conclusiones son particularmente determinantes debido a la escasez de estudios académicos que versen sobre la reproducción de proyectos de RVP. De este modo, se constituyó un grupo focal compuesto por especialistas en la RVP de núcleos urbanos que pudieron aportar información concluyente sobre la influencia de la tríada de condicionantes desde una perspectiva del ámbito profesional. Estas deducciones, por sí mismas, pueden no ser suficientemente evidentes, por lo que se realizó, además, un estudio cuantitativo orientado a los receptores de la información, esto es, a la audiencia de los proyectos de RVP.

Por tanto, se convocó un grupo reducido de expertos, formado por varios especialistas en la reconstrucción virtual del patrimonio urbano, con conocimientos y experiencia en la fase de desarrollo de los proyectos, y a los que se proporcionó, al comienzo de la dinámica de grupo, un resumen sobre la hipótesis de la tesis, a partir del cual, se inició el intercambio de opiniones y reflexiones. De este modo se expusieron, de manera resumida, algunas de las conclusiones del estado de la cuestión de este estudio para dar pie al diálogo y la intervención espontánea de los

participantes, posibilitando que expresasen, de manera libre, su punto de vista (Kitzinger, 1995), generando un proceso de reflexión grupal que permitió extraer conclusiones más complejas que una mera entrevista. El moderador permaneció ajeno a los argumentos, recogiendo las conclusiones de los participantes, pero sin intervenir en el debate, para no contaminar los resultados.

Existen estudios (Münster y Terras, 2020) que han realizado encuestas y entrevistas a profesionales del sector, pero esta dinámica de grupo aplicada en este ámbito y en este grupo concreto es novedosa en tanto que permite que, a través de la interacción entre los profesionales, se generen nuevos razonamientos no existentes con anterioridad, validándose a través de la exposición de argumentos en la propia dinámica. Existe un antecedente en la red de excelencia EPOCH, que utilizó grupos focales para buscar una estandarización en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación en el ámbito del patrimonio cultural, pero sin entrar a valorar los niveles de detalle ni temas de reproducción (Arnold y Geser, 2008).

4.2.3 Análisis cuantitativo

Las técnicas de investigación cuantitativa permiten extraer información de grupos más heterogéneos y extensos, para lo cual se necesitará una muestra lo suficientemente amplia como para que los resultados obtenidos tengan validez académica. En este estudio se pretende aplicar estas técnicas para comprender el impacto de los niveles de detalle en la percepción y asimilación en los receptores de la información, esto es, en el público objetivo de proyectos de RVP de núcleos urbanos. Los proyectos de RVP se muestran a la audiencia fundamentalmente a través de imágenes, sean estas fijas o audiovisuales, y eso implica que los espectadores las visualizarán desde varias perspectivas cognoscitivas, tanto epistemológicas como estéticas (MacInnis y Price, 1987). El público analizará, de una forma consciente o inconsciente las imágenes en busca de información que pueda comprender, pero paralelamente también se verá más o menos atraído visualmente por el acabado artístico o la calidad técnica de los proyectos. Esto supone un procesamiento mental complejo que acaba derivando en un proceso de aprendizaje, por lo que es conveniente comprender los factores que pueden influir en esta percepción para diseñar los sistemas de adquisición de información cuantitativa. Las emociones que pueda presentar el público a partir de su percepción sobre el nivel de detalle es algo habitualmente considerado subjetivo e

individualizado por cada persona, pero existen estudios que, al menos, han buscado la existencia de principios globales sobre la percepción de la belleza en la arquitectura a través del análisis cuantitativo (Nasar, 1994).

El análisis de la percepción de la RVP en el público es necesaria e importante, ya que la finalidad de esta disciplina es mejorar la valoración y comprensión del patrimonio, y, para esto, se debe asegurar que el proceso comunicativo funciona adecuadamente.

4.2.3.1 La encuesta

- Diseño de la encuesta

Se diseñó una encuesta de tipo exploratorio, ya que no existe información que pueda ser utilizada de manera previa en su diseño debido a la ausencia de pruebas estructuradas de manera específica para los niveles de detalle en la RVP. El cuestionario se orientó a recopilar información sobre la percepción final de los usuarios en relación al uso de diferentes niveles de detalle en la RVP. De este modo, este análisis cuantitativo complementa al anterior cualitativo que se orientaba a la fase de desarrollo, mientras que este se focaliza en la percepción del público.

- *Preguntas sociodemográficas:*

La encuesta comienza con una serie de preguntas de carácter sociodemográfico que permitirán realizar estratificaciones en la muestra. La edad puede condicionar la percepción del aprendizaje e interés de los usuarios hacia los diferentes niveles de detalle. Los resultados de la encuesta se analizarán específicamente en cada subgrupo por si se manifiestan diferencias significativas.

El siguiente grupo de filtros permitió segmentar y hacer seguimiento de las personas de la muestra cuyos conocimientos previos puedan condicionar los resultados de la encuesta:

¿Qué conocimientos tiene sobre historia medieval?

¿Cuánto le interesa el patrimonio cultural?

¿Cuál es su nivel de estudios?

¿Su profesión o formación está vinculada con la historia o el patrimonio histórico?

Esta serie de preguntas se utilizaron para comprobar si la muestra presentaba desvíos según los conocimientos previos y el interés del público hacia el patrimonio cultural. Si la diferencia entre los públicos más cercanos a la historia y patrimonio y los más alejados fuese significativa, requeriría la búsqueda de una explicación.

Esta estratificación servirá para explorar diferencias en los resultados según las características de cada subgrupo dentro del grupo muestral. El cruce de los datos obtenidos por las diferentes encuestas permitirá explorar si alguna de estas estratificaciones tiene relación con la tríada de condicionantes en los niveles de detalle en la RVP.

- *Preguntas basadas en imágenes*

Las versiones de la reconstrucción virtual, en dos niveles de detalle, se muestran en la primera parte de la encuesta como base para la primera tanda de preguntas. En esta fase de la encuesta se pretenden medir las variables de niveles de detalle y sensación de aprendizaje. Ambas imágenes tienen el mismo encuadre, tamaño, la cámara está a la misma distancia y se ha usado la misma iluminación, siendo, la variable independiente, solamente el nivel de detalle.

Se utilizó una escala Likert para facilitar la evaluación de los entrevistados. Se plantearon las varias cuestiones, con una medición de 1 a 5, siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo:

La segunda imagen es más detallada que la primera

La segunda imagen es más atractiva que la primera

La segunda imagen es más clara y comprensible que la primera

La segunda imagen es, históricamente, más rigurosa que la primera

La segunda imagen me ayuda a comprender mejor cómo era Vitoria-Gasteiz

La primera imagen tiene suficiente detalle como para utilizarse para divulgar el pasado

El primer bloque se focaliza en la obtención de resultados sobre la propia percepción de los niveles de detalle, su atractivo visual y la sensación de aprendizaje. La siguiente serie de preguntas añade un factor de opinión relacionado con la tríada de condicionantes: la financiación. Se preguntó a los encuestados qué opinarían si el coste de la versión con más detalle fuese mayor que la de menos de resolución, lo cual complementará la información extraída sobre la financiación de estos proyectos del análisis cualitativo.

La siguiente tanda de cuestiones se refieren a otro factor de la tríada: la disposición de información. Las cuestiones sobre deontología de la RVP y, en concreto, sobre cómo tratar la disposición de información, serán analizadas ampliamente en el análisis cualitativo a cargo de expertos en desarrollo de proyectos de RVP, pero esta información puede ser complementada con las opiniones extraídas del público de la RVP, aunque su punto de vista no esté sustentado directamente en un conocimiento previo de la materia. Esta serie de preguntas serán anticipadas de un pequeño párrafo explicativo sobre el proceso de documentación y conjetura en los proyectos de RVP:

Los proyectos de reconstrucción virtual, como este, se deben basar en un proceso de documentación muy sólido para garantizar su rigor histórico. En los casos en los que no hay suficiente información se puede optar por: mostrar solo la parte de la que se tiene información, realizar una hipótesis conjetural sobre cómo podía haber sido lo que no se sabe cómo era o, directamente, no realizar una reconstrucción. Teniendo en cuenta esto, valore su conformidad con los siguientes enunciados:

Es mejor una reconstrucción, aunque sea conjetural, a que no exista ninguna.

Si no se tiene suficiente información se debería desarrollar, al menos, una versión con menos detalle para que se pueda comprender un entorno histórico.

Una reconstrucción detallada puede tener licencias históricas aunque haya que inventarse información para poder atraer al público al patrimonio.

Los expertos en historia y arqueología son los que tienen que tomar la decisión sobre qué hacer en estos casos.

En el siguiente bloque se modificó la distancia de la cámara, acercando la vista a ambas imágenes en los dos niveles de detalle, para comprobar si la diferencia es más destacable. Con esta cuestión se pudo determinar para qué tipos de distancias y encuadres se pueden usar modelos con bajos niveles de detalle. De este modo, se mostraron dos imágenes con dos niveles de detalle diferentes, siendo más detallada la primera que la segunda. Se plantearon las siguientes cuestiones, algunas de ellas coincidentes con las de la primera prueba para comprobar específicamente el papel de la distancia de la cámara en la percepción de los niveles de detalle.

A esta distancia es más perceptible la diferencia entre ambas imágenes

La segunda imagen es más detallada que la primera

La segunda imagen es más atractiva que la primera

La segunda imagen es más clara y comprensible que la primera

La primera imagen es visualmente realista

La primera imagen despierta más mi curiosidad que la segunda

Aun a esta distancia, la segunda imagen puede usarse para comprender y valorar el patrimonio desaparecido

4.2.3.2 Muestra

Se ha seleccionado una población con la característica común de mostrar interés en el patrimonio cultural. Aunque pueden ser heterogéneos en cuanto a edad, género, procedencia y conocimientos previos, comparten su interés por el turismo cultural y el patrimonio. La muestra se seleccionó aleatoriamente entre los participantes de las visitas guiadas a la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz, tanto en días de diario como en fines de semana y a diferentes horas del día. Los cuestionarios fueron entregados en papel, para que las imágenes se viesen siempre en el mismo tamaño y con la misma iluminación (luz interior del edificio), funcionando, así, como variable de control.

5. Resultados

En este bloque se plantean los resultados obtenidos, tanto a partir de la reconstrucción virtual como del análisis cualitativo y cuantitativo. En el último apartado de este capítulo se trazarán unas reflexiones que sinteticen los resultados de los tres bloques como base para las conclusiones de esta tesis doctoral.

5.1 Desarrollo de la reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz en el siglo XII en dos niveles de detalle.

Esta primera fase de los resultados presenta el desarrollo de sendos modelos 3D de la ciudad de Vitoria-Gasteiz en el siglo XII. Estos modelos han sido desarrollados al amparo de dos proyectos de investigación financiados por la Fundación Catedral Santa María de Vitoria-Gasteiz y llevados a cabo por la Universidad de Burgos: “Metodología de investigación histórica basada en el desarrollo de modelos espaciales tridimensionales” y “Didáctica de la realidad virtual en el turismo y la difusión del patrimonio”. El modelo creado en alto nivel de detalle fue utilizado para el documental “Los orígenes de Vitoria-Gasteiz” (Alaguero et al., 2019), proyectado en las visitas guiadas a la seo.

5.1.1 Contexto: Vitoria-Gasteiz en el siglo XII

En las últimas décadas, varias publicaciones basadas en excavaciones arqueológicas y análisis documental han revisado los conocimientos sobre la historia de Vitoria-Gasteiz medieval, aportando un nuevo enfoque (Azkarate y Solaun, 2013) sobre la evolución del entorno urbano. Esta nueva propuesta influyó en la decisión de creación del documental “Los orígenes de Vitoria-Gasteiz” que permitiese una difusión de los nuevos hallazgos históricos y arqueológicos.

Esta reconstrucción virtual se enmarca en plena Edad Media en la Península Ibérica, una época compleja por su variabilidad política y social, difícil de comprender como consecuencia de mitos heredados sobre el origen y evolución de los reinos cristianos. En el siglo XII, estos reinos consolidaban su poder hacia el sur, a la vez que buscaban expandir su influencia política y territorial en detrimento de otros reinos y condados cristianos. Esto generó una época de inestabilidad en las zonas fronterizas que propició la proliferación de plazas fuertes y fortificaciones impulsadas por cada estructura de poder local. La ciudad de Vitoria-Gasteiz estuvo a lo largo de la Edad Media bajo influencia de los reinos asturiano-leonés, castellano y navarro. Dada su privilegiada ubicación, en la llanada alavesa y sobre un cerro elevado, la urbe estuvo también expuesta a los intereses francos y musulmanes. Esto propició su desarrollo y florecimiento como cruce de caminos y frontera entre zonas de poder.

La historiografía tradicional sobre Vitoria-Gasteiz planteaba el año 1181, en el que Sancho VI de Navarra le concedió fuero, rebautizándola como Nova Victoria, como el inicio del esplendor de la ciudad. Según las nuevas investigaciones, esta concesión no marcó el origen de su influencia sino que constituye una confirmación de su auge como núcleo poblacional, hasta el punto de poder existir un fuero anterior corroborado por este. A mediados del siglo XII, Vitoria-Gasteiz ya contaba con un recinto amurallado amplio, sólido y construido en un breve espacio de tiempo debido a su papel estratégico en el contexto de los conflictos territoriales entre los reinos de Castilla y Navarra. Este siglo marcó la evolución de Vitoria-Gasteiz, tanto política como morfológicamente, y las nuevas investigaciones aportan suficiente información como para que sea conveniente la realización de esta reconstrucción virtual con carácter divulgativo (García, 2017).

5.1.2 Reconstrucción virtual

Para el desglose del proceso de reconstrucción virtual se seguirá la matriz extendida de cinco puntos propuesta por los investigadores Emanuel Demetrescu y Daniele Ferdani (Demetrescu y Ferdani, 2021). Parte de la metodología de trabajo es coincidente con la matriz extendida de cinco puntos, aunque existen procesos que se desarrollaron de una manera alternativa.

La explicación de este proceso será más exhaustiva en el apartado 4 (modelo de representación) ya que es en la que se centra este estudio.

5.1.2.1 Recolección de información

Varios hallazgos arqueológicos en el entorno de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz (Azkarate y Solaun, 2013) aportaron conocimiento sobre la evolución del urbanismo anterior al siglo XII, permitiendo comprender la evolución del entorno, desde un poblado de reducido tamaño en la Alta Edad Media a una villa consolidada en el siglo XII. La información aportada por esta serie de hallazgos y su interpretación posterior dieron lugar a la elección de la ubicación de la reconstrucción virtual para este estudio. En ella se puede observar una parte importante de la zona norte de la ciudad, rodeada por el conjunto defensivo, así como el caserío del interior sobre el que destaca la edificación del primer templo de Santa María, adosado a la muralla y, en ese momento, en proceso de construcción.

La singularidad de este nuevo enfoque, así como la robustez de la hipótesis, propiciaban la idoneidad de la reconstrucción virtual de este espacio debiendo ser acotado a la zona que se conocía mejor y dejando fuera de plano la parte sur de la ciudad. Tal y como se propone en las metodologías de RVP recogidas en el estado de la cuestión de esta tesis, se partió de los siguientes recursos documentales:

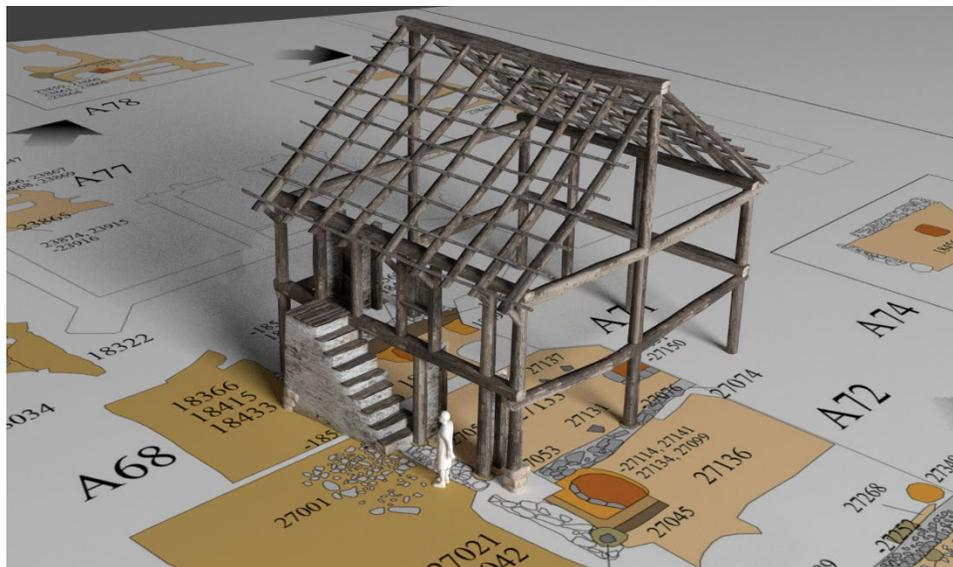
Tabla 1. Recursos de información y su tipología.

Fuente	Tipología
Informe arqueológico	Información textual y gráfica
Fotografías arqueológicas	Documentación gráfica
Planimetrías	Documentación gráfica
Fotogrametría de la ciudad actual	Modelo 3D
Análisis estructural y de materiales	Fotografías
Maqueta divulgativa	Objeto físico
Documentación histórica	Información textual

Fuente: elaboración propia.

De nuevo, la casuística de este núcleo urbano, en este contexto histórico, lo convertía en apto en cuanto a la información de base, ya que su cantidad y heterogeneidad favorecía el rigor histórico. Se contaba con una compilación, en dos volúmenes, de la documentación e interpretación arqueológica obtenida durante dos décadas de intervenciones en el entorno de la Catedral (Azkarate y Solaun, 2013) y una tesis doctoral que recogía e interpretaba la información disponible sobre la evolución de la ciudad y su entorno (García, 2017). Estos mismos autores, más otros especialistas en aspectos historiográficos necesarios para la elaboración de los modelos 3D fueron puestos a disposición de este proyecto por parte de la Fundación Catedral Santa María de Vitoria. Dentro de este informe, se contaba con fotografías tomadas directamente en el trabajo de campo, así como de planimetrías muy precisas de cada fase identificada en los estratos arqueológicos.

Figura 39. Proceso de modelado 3D de una de las viviendas identificadas en la planimetría.



Nota: siguiendo la información del informe arqueológico y la interpretación de los datos de los investigadores Azkarate, Solaun y García. Este modelo no se corresponde con ninguno de los niveles de detalle de este estudio pero permite comprender el uso de la planimetría como recurso gráfico para la reconstrucción virtual. Fuente: elaboración propia

Como complemento a estas planimetrías, se desarrolló un gemelo digital en baja resolución de la ciudad de Vitoria-Gasteiz que sirviese como referencia a la hora de generar el trazado urbano, así como para identificar las elevaciones del territorio, ya que el núcleo urbano se situaba en un

otero del que se actualmente se conserva cierta pendiente, aunque suavizada. El modelo 3D obtenido de la fotogrametría se sincronizó con las planimetrías arqueológicas para definir la ubicación de las estructuras generadas en la fase de modelado 3D.

Figura 40. Resultado de la fotogrametría del entorno de la futura reconstrucción virtual.



Fuente: elaboración propia

En las primeras visitas a la ubicación de la reconstrucción virtual se tomaron fotografías desde la torre de la catedral, así como de los restos arqueológicos, actualmente consolidados y, en parte, visitables.

Figura 41. Toma de fotografías desde la torre (izquierda) y restos de la cripta de la Catedral de Santa María (derecha).



Fuente: elaboración propia

Se recopilaron los diferentes materiales constructivos recogidos en el informe arqueológico y se recorrieron varias poblaciones en Álava y Burgos para la toma de fotografías e interpretación de estructuras arquitectónicas. Estas imágenes se tuvieron en cuenta para el modelado de las viviendas, siendo utilizadas en una primera fase del modelado 3D como referencias, para ser posteriormente procesadas para su uso final como texturas proyectadas en los modelos 3D, aportando el acabado final.

Figura 42. Toma de fotografías de fachadas en las provincias de Álava y Burgos.



Fuente: elaboración propia

5.1.2.2 Gestión y análisis de datos

En cuanto a la interpretación de la documentación histórica, en este caso, se partía de un contexto particular: con anterioridad a este documental se habían realizado varias ilustraciones tradicionales por el artista Dbòlit, y una serie de maquetas por Víctor Sanz-Yrazu. Tanto las maquetas como las ilustraciones contaban con un detalle suficiente como para que en su confección ya se necesitase un proceso de conjetura, revisión y verificación que posteriormente fueron utilizadas para la elaboración de los modelos 3D. Aunque estas representaciones estaban realizadas con minuciosidad y detalle, no pudieron facilitar toda la información que se necesitaba, por lo que se siguió una metodología de análisis e interpretación de todos los datos recogidos en la etapa anterior.

Figura 43. Ilustración y maqueta sobre Vitoria-Gasteiz en el s.XII.



Fuente: Dbòlit (ilustración) y Víctor Sanz-Yrazu (maqueta).

Se identificaron las áreas en las que existían vacíos de información o dudas importantes sobre cómo podía ser el trazado urbano, las edificaciones o sus materiales constructivos. La hipótesis sobre esta reconstrucción virtual se fundamentó en la interpretación de la revisión documental y la comparación con otros registros informativos para el esclarecimiento de los vacíos de información que iban surgiendo paralelamente al modelado 3D.

Figura 44. Reunión de trabajo para el planteamiento de la hipótesis de reconstrucción.



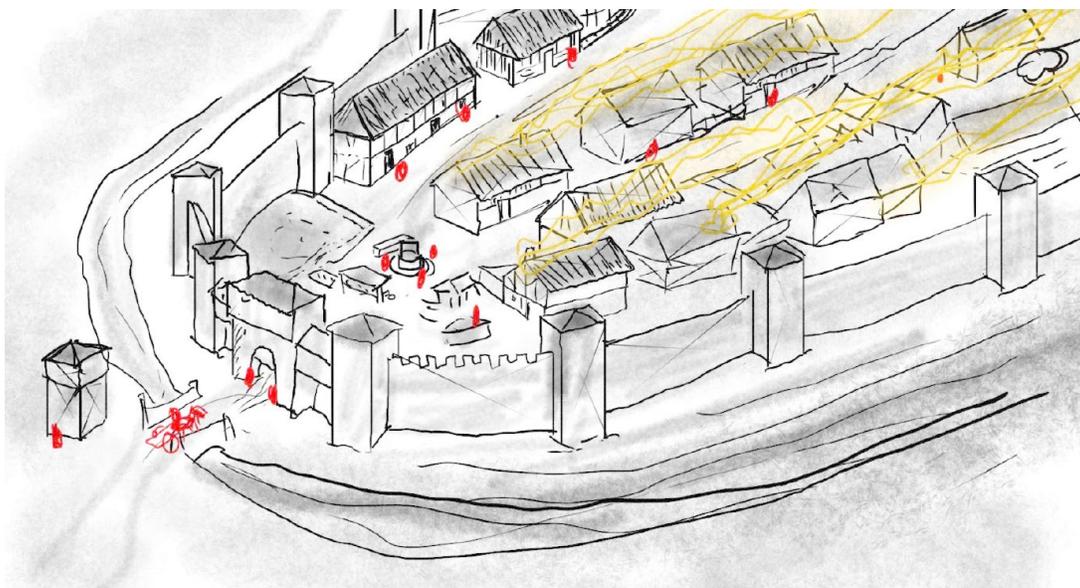
Nota: de izquierda a derecha: Juan Antonio Lasa Echávarri (Responsable de Administración de la Fundación Catedral Santa María) José Luis Solaun Bustinza (Investigador del grupo GPAC de la Universidad del País Vasco) y Mario Alaguero Rodríguez. Fuente: elaboración propia.

5.1.2.3 Implementación y reconstrucción virtual

Las imágenes finales de ambos niveles de detalle se realizaron teniendo en cuenta su futuro uso tanto para iniciar el debate en el grupo focal como para presentar los enunciados de la encuesta. Para esto, se determinó que sería suficiente con la realización del modelo en dos niveles distintos de detalle: nivel 1; volúmenes simples y nivel 3; modelado de resolución media. Se preveía que, por la propia descripción de cada uno de estos niveles y las características de su tipo de plano, sería suficiente el contraste entre estos niveles, siendo innecesario incluir los otros dos. La distancia desde la que se pretendía obtener el encuadre de la vista supone que la diferencia de detalle entre el segundo y tercer nivel, así como entre el tercero y cuarto, serían, previsiblemente, poco significativas. Para confirmar esta hipótesis se necesita la confirmación por parte de los análisis cualitativo y cuantitativo, extraída a partir de la diferencia entre el detalle de los niveles 1 y 3.

Para no incluir más variables que pudiesen tergiversar los resultados del análisis cualitativo y cuantitativo, como la interactividad, el movimiento o la iluminación, se decidió únicamente realizar dos encuadres y desde la misma ubicación de la cámara. El resultado final serían varias imágenes fijas, sin interactividad ni movimiento, y en las que la única modificación fuesen los niveles de detalle.

Figura 45. Boceto de la primera versión de uno de los encuadres.



Nota: este encuadre posteriormente sería modificado tanto para el documental como para el render definitivo utilizado en los análisis cualitativo y cuantitativo. Fuente: elaboración propia.

Se decidió, para este plano, mostrar solamente una parte del conjunto urbano, ya que no se disponía de suficiente información como para reconstruir la parte sur de la ciudad garantizando el rigor histórico. Esto suponía un contratiempo para la medición cualitativa y cuantitativa, así que, a la hora de diseñar el encuadre definitivo, se decidió aumentar la distancia de la cámara, lo que ampliaba la apertura del encuadre. Esto supuso añadir más viviendas y modificar la fecha de la reconstrucción para incluir un edificio singular que favoreciese el contraste entre ambos niveles de detalle: la primera iglesia de Santa María. Estas modificaciones únicamente se han utilizado para las imágenes de las encuestas y el grupo focal, por lo que se han tomado ciertas licencias históricas para adecuarlas a las variables prefijadas para esta prueba.

Figura 46. Fotograma final del documental “Los orígenes de Vitoria-Gasteiz”.



Nota: el encuadre es más cerrado que las imágenes definitivas generadas para este estudio. Fuente: (Alaguero et al., 2019).

La medición de resultados de este apartado, en cuanto a recursos humanos y temporales dedicados a cada nivel de detalle, es complicada, ya que no existe una forma precisa de determinar qué tareas son meramente desarrollo técnico y cuáles interpretaciones de la documentación o

correcciones de errores. Por tanto, se planteará un cálculo aproximado, esperando que la diferencia entre ambos niveles de detalle sea lo suficientemente marcada como para que los resultados permitan extraer unas conclusiones sólidas. En futuros estudios, podría realizarse una medición más precisa generando un mismo modelo desde cero en diferentes niveles de detalle. No obstante, sería complicado precisar con exactitud los recursos invertidos en cada uno, ya que se tendrían que controlar una serie de variables cambiantes y, en parte, subjetivas.

A partir de la documentación histórica, se planteó una diferencia entre los edificios singulares, que requerirían de más dedicación, y el caserío, en el que se podrían reutilizar mallas 3D, materiales y texturas.

Es habitual que la literatura académica utilice los niveles de detalle por cuestiones técnicas, esto es, decidiendo cuántos polígonos y texturas pueden utilizarse para seguir unos requisitos específicos de un *hardware* o *software* concretos. En este caso se analizaron los niveles de detalle desde su resultado visual, por lo que para llegar a esta definición no se ha buscado ahorrar polígonos sino tiempo de desarrollo. Por ello, el recuento de polígonos no se plantea como un dato relevante a la hora de definir cada nivel de detalle ya que, para la forma de cada edificio se han utilizado cantidades dispares de polígonos.

- Modelado 3D de elementos singulares

Según las especificaciones de esta vista, se identificaron varios edificios singulares que podrían llegar a distinguirse desde este encuadre:

- *Muralla*

La muralla define el entorno de Vitoria-Gasteiz y marca un punto de inflexión en la evolución urbana de la ciudad, ya que permitió su consolidación y estimuló su crecimiento económico. Su trazado siguiendo la cumbre del cerro condicionó, hasta el día de hoy, la morfología de la ciudad. Por otra parte, se cuenta con una información muy precisa sobre su aspecto, debido a la existencia de tramos que aún conservan su factura original, así como documentación precisa

de la ubicación de los cubos y registro arqueológico de los cimientos. La muralla sirve, en estos encuadres, como contenedor de los edificios de Vitoria-Gasteiz, facilitando la comprensión de la imagen a través del contraste entre el interior y exterior de la ciudad.

- *Fosos*

Las excavaciones arqueológicas identificaron un tramo de cerro que había sido excavado en algún momento de la Edad Media siguiendo el trazado de la muralla a través de dos zanjas paralelas. El equipo arqueológico ha identificado estos surcos como dos fosos de carácter defensivo, que ayudarían a proteger la ciudad ante un asedio. Los fosos, junto con la muralla y el propio cerro, enmarcan el núcleo urbano, creando una forma muy definida con la forma ovalada.

- *Puerta norte*

La muralla original contaba con una puerta orientada al norte. Actualmente se conservan testigos de su fábrica embutidos en un lienzo de la muralla que fue amortizado para dar paso a otra abertura posterior. Esta puerta caracterizaba la morfología de la Vitoria-Gasteiz medieval ya que definía una de las vías principales del trazado urbano, destacando, además, sobre el resto del recinto defensivo por su presumible envergadura y altura. La puerta, en la reconstrucción virtual, destaca frente al conjunto urbano en cualquiera de los niveles de detalle, y, por tanto, se modelará como un elemento singular.

- *Primera iglesia de Santa María*

En las intervenciones arqueológicas bajo la actual Catedral de Santa María se hallaron los cimientos de la que fue la primera iglesia, de estilo románico, que se construyó en esa zona de la villa. Esta iglesia tenía la peculiaridad de estar adosada a la muralla por uno de sus muros laterales, presentando una nave lateral en el lado opuesto. La datación de este edificio apuntaba su origen hacia mediados del siglo XII, por lo que se escogió el momento de su construcción para contextualizar la reconstrucción virtual. Por tanto, esta iglesia aparece en obras, con los lienzos aún sin colmatar y sin cubierta, permitiendo ver las cimbras y los arcos de la bóveda central.

- Modelado en diferentes niveles de detalle

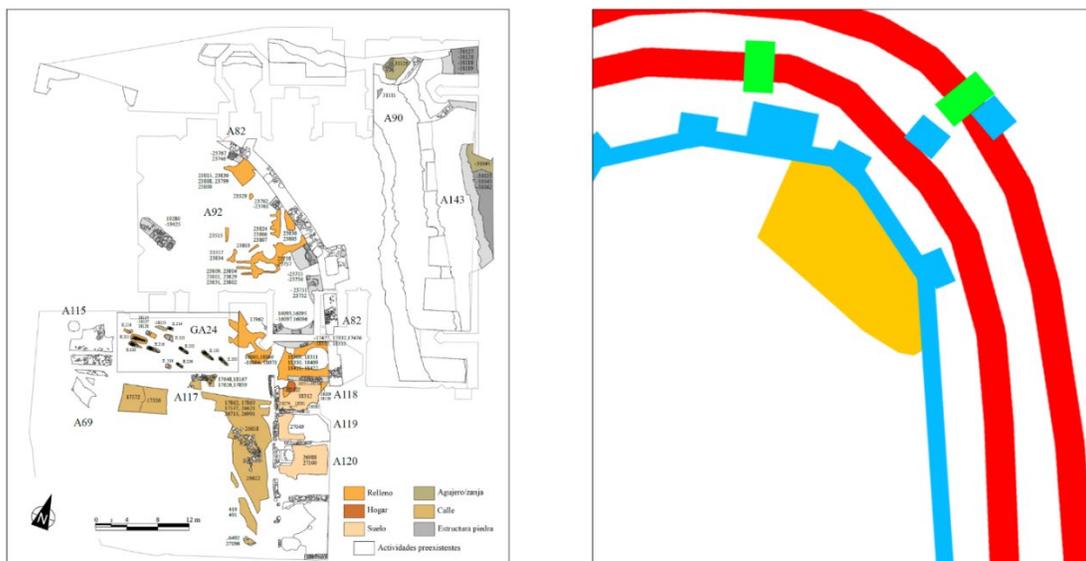
A continuación, se plantea cómo fue el desarrollo técnico de ambos niveles, siendo el más detallado el que se desarrolló en primer lugar, debido a que fue el detalle elegido para el documental. Posteriormente, tras definir los objetivos del análisis cualitativo y cuantitativo, este modelo fue modificado para aumentar la zona de la ciudad que mostraba.

- *Nivel de detalle 3: modelado de resolución media.*

Este nivel de detalle se ha determinado, en el estado de la cuestión, como el que permite mantener el fotorrealismo en planos cenitales cercanos a los edificios, por lo que se llegan a identificar claramente los detalles constructivos y otros elementos urbanos.

Estos edificios se modelaron con más detalle que el resto y, al tener más documentación de base y más importancia en el contexto del plano, fueron sometidos a más revisiones y correcciones que el resto del caserío.

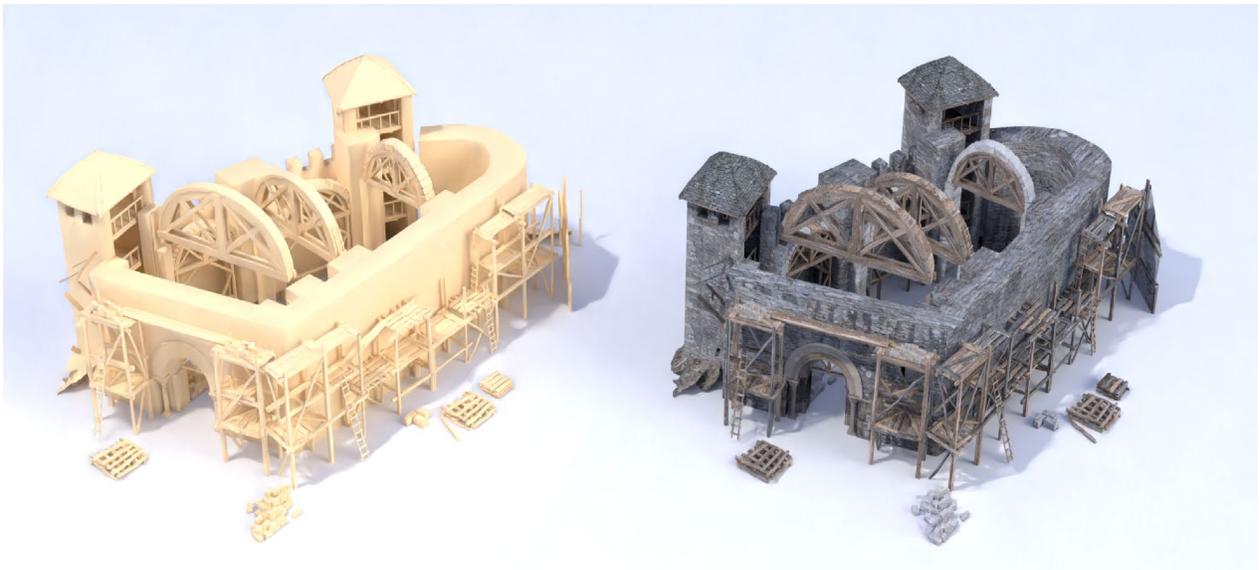
Figura 47. Ubicación de los edificios singulares según la planimetría arqueológica e interpretación de su ubicación.



Nota: a la izquierda, planimetría de la excavación arqueológica correspondiente al estrato de este periodo (Azkarate y Solaun, 2013). A la derecha, interpretación de la ubicación de los edificios singulares. Fuente: elaboración propia.

En estos edificios se añadieron más detalles constructivos y elementos complementarios que en el resto del caserío, incorporando más información visual que permitiese comprender su función e importancia dentro del entramado urbano. La información disponible, tanto de la propia excavación arqueológica como la generada a partir de la comparación con otras fuentes documentales, permitieron que todos estos detalles pudiesen incorporarse respetando el rigor histórico.

Figura 48. Detalle del nivel de modelado en la iglesia de Santa María (en construcción) y una sección de la muralla.



Nota: se pueden apreciar tanto detalles constructivos como otros elementos secundarios. Fuente: elaboración propia.

Se mantuvo un detalle similar en todos los edificios, dedicando tiempo a los elementos que llegaban a apreciarse desde una vista elevada, y omitiendo los detalles que no llegaban a distinguirse desde planos aéreos.

Acercando la cámara a nivel de suelo se puede apreciar que, aunque existen detalles arquitectónicos, a esta distancia, el modelo en el nivel de detalle 3 no llega a ser fotorrealista:

Figura 49. Detalle del nivel de modelado en la iglesia de Santa María a la altura de los ojos.

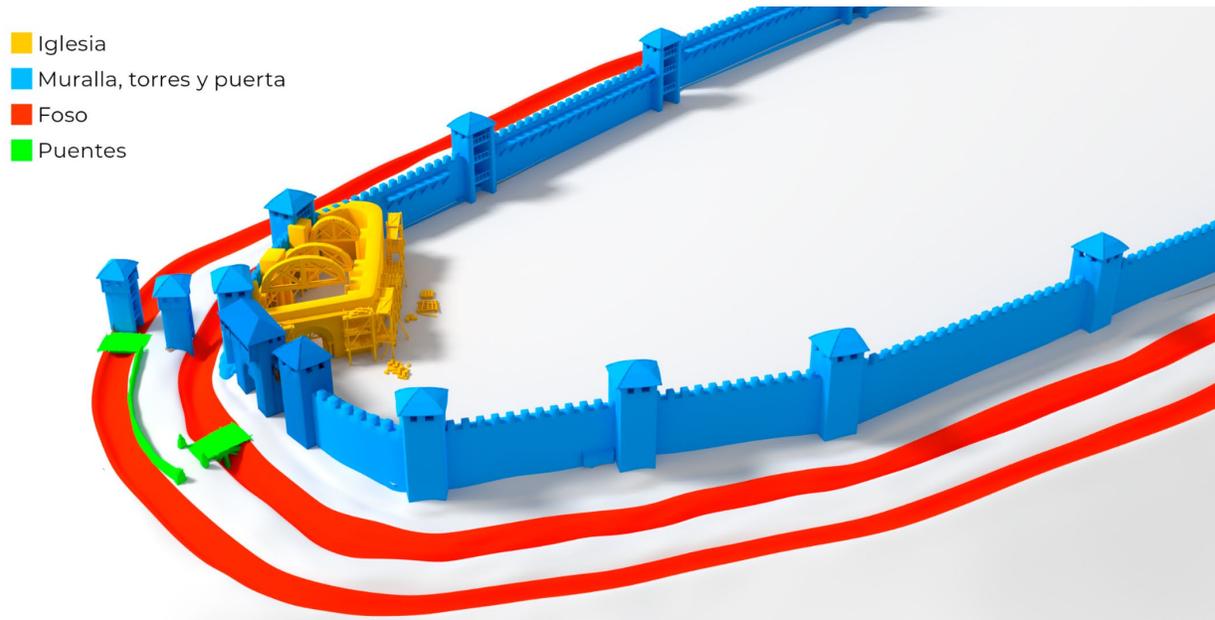


Nota: desde esta distancia se ve la ausencia de detalles más propios del nivel 4, como más detalle en el modelado de elementos arquitectónicos o más detalle en las texturas.

La cantidad y distribución de edificios singulares tendrá una repercusión directa en los recursos humanos dedicados a la fase de modelado 3D. La especial atención a los detalles y comprensión de las estructuras ralentiza su diseño frente a otras edificaciones. Por tanto, en una futura línea de investigación que profundice sobre los recursos necesarios para cada nivel de detalle se tendrá que contar, de algún modo, con un método que permita calcular la influencia de la cantidad y tipología de edificios singulares.

Se dispusieron los edificios singulares según la información proporcionada tanto por la fotogrametría como por los registros arqueológicos. La malla del cerro se generó a partir de un suavizado de las mallas obtenidas de la fotogrametría, tomando como referencia los datos del nivel del suelo y considerando que las colinas habían sido suavizadas con el paso del tiempo.

Figura 50. Detalle del modelado de los edificios singulares.

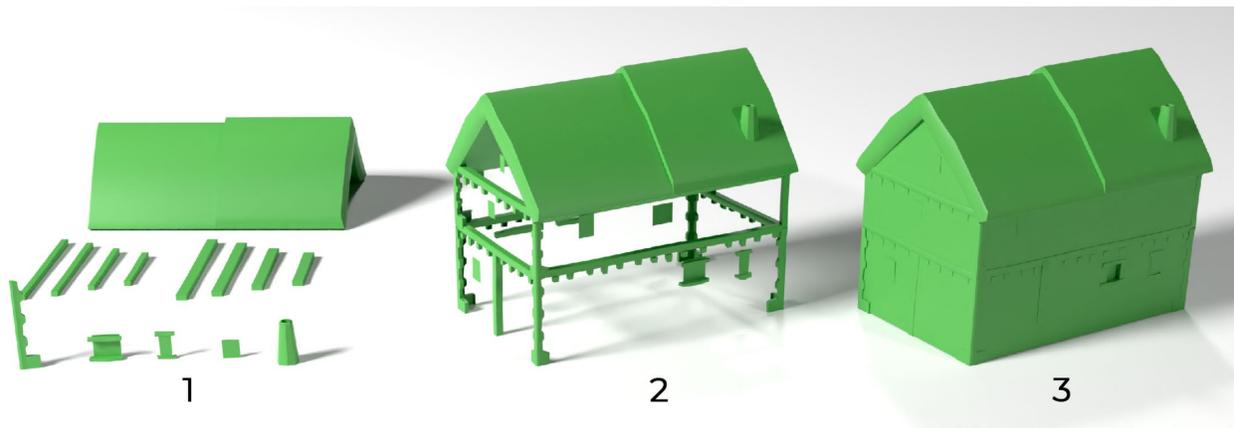


Nota: se muestran los edificios singulares sin incluir el resto del caserío y otras estructuras complementarias. Fuente: elaboración propia.

En cuanto al modelado del caserío, en este caso se conocía el trazado de las calles, pero existía una información muy escasa sobre las edificaciones destinadas a viviendas y otras estructuras secundarias en varias parcelas del núcleo urbano. Se decidió basar la disposición y tipología de estas viviendas en la conjetura generada para las ilustraciones tradicionales y maquetas que ya estaban realizadas con anterioridad al documental para mantener una cohesión estética y comunicativa.

Para optimizar recursos, se comenzó por modelar una serie de secciones arquitectónicas que sirviesen como base para, a partir de su modificación, formar diferentes tipos de viviendas. Se seleccionaron las estructuras que más se iban a repetir para ahorrar tiempos de modelado, para poder replicar la mayor cantidad posible de mallas 3D. Posteriormente, para modelar cada una de las viviendas, solo se necesitaba formar su estructura base para, después, añadir las paredes que es lo único que estaba adaptado de manera individualizada a cada edificio.

Figura 51. Proceso de modelado de las viviendas en nivel de detalle 3.



Nota: modelado de elementos arquitectónicos comunes a todas las viviendas (1), formación de la estructura de una vivienda (2) y modelado de las paredes y otros detalles arquitectónicos (3). Fuente: elaboración propia.

Se realizaron diez tipologías de viviendas diferentes que luego fueron modificadas, tanto en su morfología como en sus texturas, para disponer de un amplio grupo de edificaciones diferentes con las que cubrir la zona destinada a viviendas y construcciones secundarias. Estas variaciones fueron diseñadas para representar la heterogeneidad constructiva habitual en la Edad Media, que podía caracterizar el urbanismo frente a otras épocas históricas.

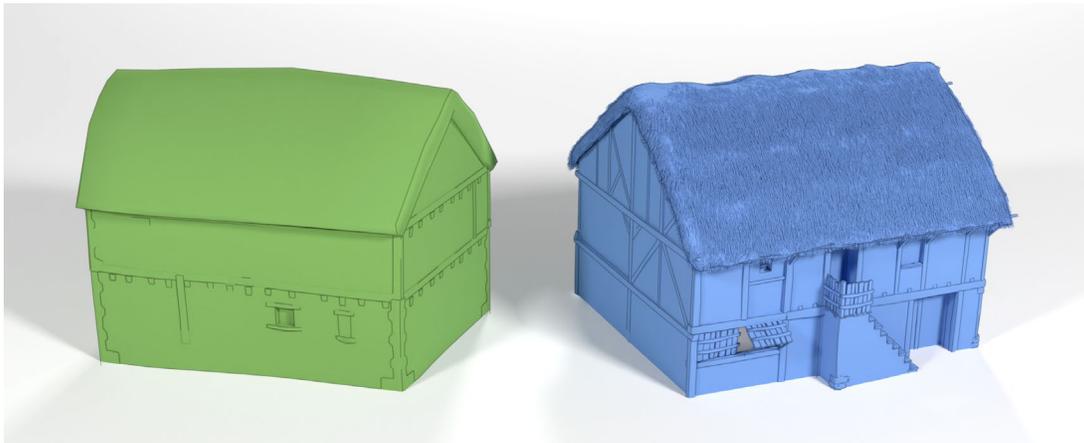
Figura 52. Los diez modelos de viviendas base que fueron modificados y repartidos por la zona ocupada por el caserío.



Fuente: elaboración propia.

Para comprobar que el nivel de detalle asignado es correcto, a continuación se muestra una comparación entre una vivienda realizada en nivel de detalle 3, para la visualización desde un punto de vista aéreo, con una de nivel 4, que en el documental podía verse a la altura de los ojos.

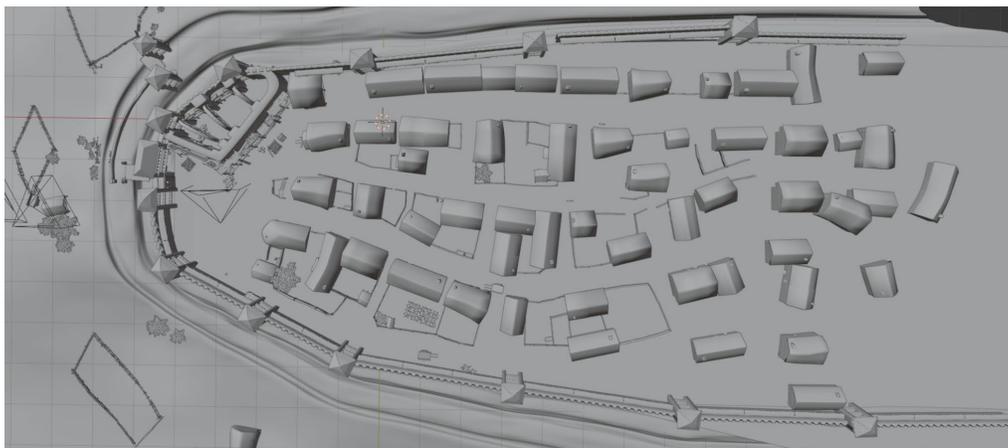
Figura 53. Comparación de niveles de detalle 3 y 4 en viviendas realizadas para el mismo proyecto.



Fuente: elaboración propia.

La distribución de las viviendas se realizó teniendo en cuenta la información disponible sobre el trazado de las calles en el siglo XII y se tomó como referencia tanto la ilustración como la maqueta preexistente.

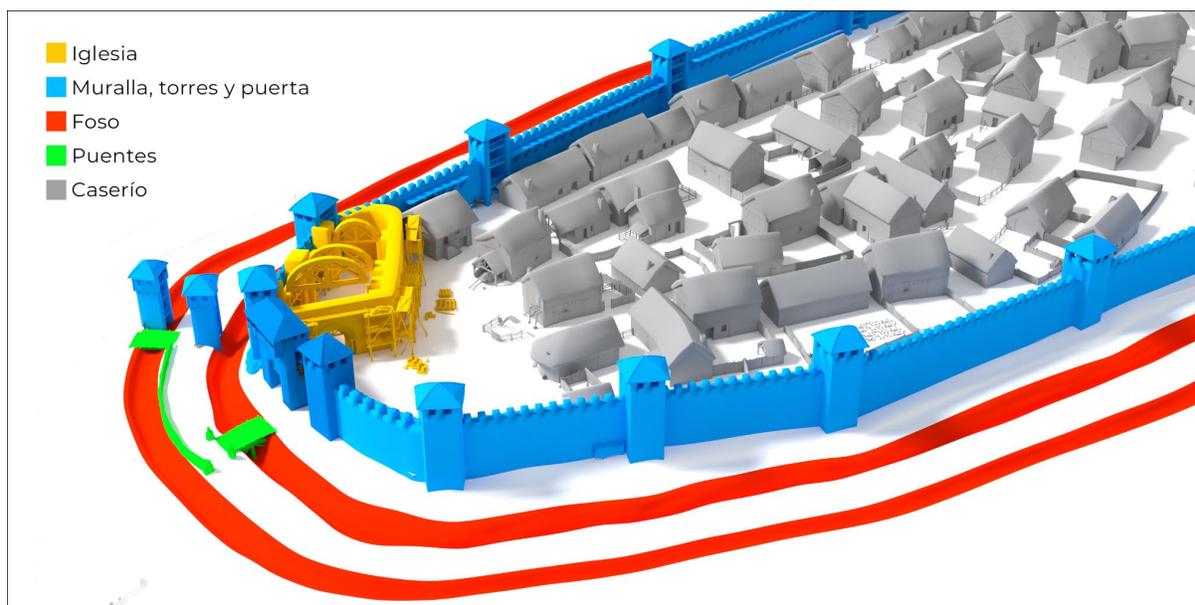
Figura 54. Distribución de las viviendas a lo largo del cerro.



Fuente: elaboración propia.

Se dedicó especial atención a algunas de las viviendas de las que se disponía más información, ya que se encontraban en las zonas en las que se realizó la excavación arqueológica. Una vez unido el caserío a los edificios singulares se generó el encuadre. Se eligió un plano que mostrase el contraste importante entre el caserío y el resto de edificios, que originan un contenedor que agrupa el trazado urbano en la característica forma ovalada de Vitoria-Gasteiz.

Figura 55. Distribución del caserío formando el trazado urbano.



Fuente: elaboración propia.

El proceso de texturizado se basó en la selección de materiales constructivos, tanto de paredes como de cubiertas, y se realizaron variaciones de cada material con el suficiente contraste para que, a primera vista, se pudiese observar cierta heterogeneidad cromática proveniente de las diferentes técnicas y materiales constructivos del medievo. Las texturas fueron obtenidas a partir de fotografías reales en diferentes localidades alavesas y burgalesas realizadas por un equipo de tres fotógrafos, David Serrano Fernández, Samuel Arias Tejedor y Mario Alaguero Rodríguez. Estas fotografías se sumaron a las generadas en la fase de documentación, que también pudieron ser utilizadas como texturas para los modelos 3D.

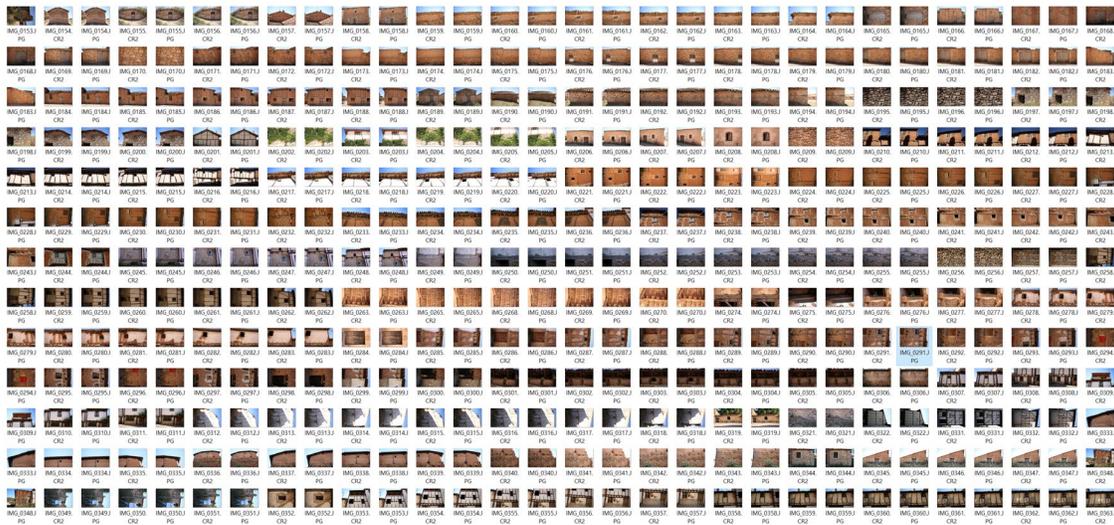
Figura 56. Proceso de fotografiado de texturas en la localidad de Santa Inés (Burgos).



Nota: se seleccionaban fachadas que no recibiesen luz directa y cuyos materiales se semejasen lo más posible a los requisitos de esta reconstrucción virtual. Fuente: fotografía de Samuel Arias Tejedor.

Se seleccionaron edificaciones que presentasen materiales de construcción que pudiesen ajustarse a las tipologías descritas por el equipo de asesores históricos, realizándose 863 fotografías en dos sesiones.

Figura 57. Muestra de miniaturas de varias de las fotografías realizadas para este proyecto.



Fuente: elaboración propia.

En primer lugar, se realizaron fotografías de las estructuras que aún permanecen en pie: la muralla y las jambas del arco de la puerta norte. Para las construcciones más sólidas se realizaron fotografías de paredes de caliza realizadas con sillería, sillarejo o mampuesto, algunas de ellas encaladas. En cuanto a las construcciones secundarias se buscaron edificaciones con paredes de entramado de madera, tapial, adobes y con diferentes acabados: enlucido con barro y encalado. Estas texturas fueron editadas para ajustarse lo más posible a los requisitos marcados por el equipo de asesores, por lo que hubo que retocar tonos de color y eliminar digitalmente anacronismos en los materiales, como cables, restos de cemento, pintura y otros desperfectos de los edificios fotografiados.

Figura 58. Algunas de las texturas procesadas y su distribución en las viviendas a lo largo del núcleo urbano.



Fuente: elaboración propia.

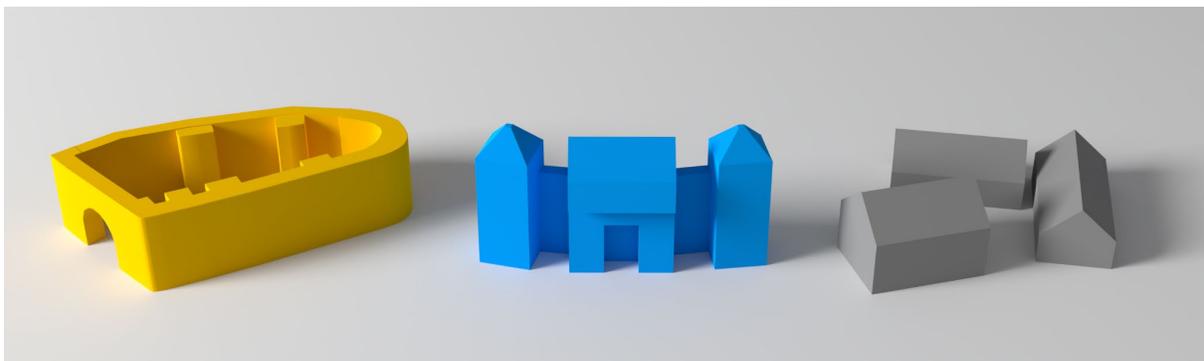
- 1.2. Nivel de detalle 1: volúmenes simples.

Según se definió en el estado de la cuestión, el nivel de detalle volumétrico es muy simplificado. Permite visualizar un trazado urbano, pero no comprender en detalle la morfología y distribución de edificios que se representan con volúmenes simples y sin detalles constructivos.

Esta simplificación, que debe mostrar solo volúmenes es muy útil para representar núcleos urbanos completos.

Este nivel de detalle se realizó sin utilizar como referencia el modelo generado en el proceso anterior, para no condicionar la medición de tiempo dedicado a cada una de las versiones. Se diseñó un modelado muy simplificado, reduciendo la morfología de las estructuras construidas a volúmenes simples, incluso para los elementos singulares, que fueron desarrollados con las formas más esquemáticas que permitiesen poco más que su mera identificación.

Figura 59. Iglesia, puerta de la muralla y algunas de las viviendas en nivel de detalle volumétrico.



Fuente: elaboración propia.

El resto de las construcciones fueron generadas a partir de cubos estirados rematados con un prisma para representar, de forma simplificada, las cubiertas. Todos los edificios se dispersaron con la misma disposición que en el modelo anterior, para que no existiesen diferencias morfológicas más allá que el propio nivel de detalle.

Asimismo, se respetó la ubicación y distribución de texturas en los edificios para que, de nuevo, no se generasen diferencias entre ambos modelos que pudiesen suponer, en sí mismas, una nueva variable que hubiese que controlar tanto en el análisis cualitativo como cuantitativo. Este aspecto es importante ya que, en general, las reconstrucciones realizadas en volúmenes simples no suelen tener texturas detalladas, al no estar justificado su uso en proyectos en los que, o no hay suficiente financiación, o recursos humanos o información. En este caso, se usarán las mismas texturas para que esto sea una variable de control.

Figura 60. Distribución similar de las texturas en ambos niveles de detalle.



Fuente: elaboración propia.

- 1.3 Renderizado e iluminación.

Como se determinó en la metodología, la iluminación y el renderizado pueden variar tanto el resultado final de una reconstrucción virtual que deben ser tratados como variables. Por tanto, para ambos modelos, se configuró una misma iluminación y unas mismas características de renderizado, tratándose, así, como variables de control.

Se determinó una iluminación crepuscular, que permitiese resaltar los volúmenes, tanto por el contraste entre las iluminaciones y las sombras como por el tono de color, siendo, amarillos-naranjas las zonas en las que se proyectaba la luz del sol y azules-cianes las zonas sombrías.

Figura 61. Nivel de detalle 3 sin iluminación (izquierda) y con la iluminación crepuscular (derecha) que resalta los volúmenes.



Fuente: elaboración propia.

El resultado de ambas imágenes⁸ debía ser expuesta a los análisis cualitativo y cuantitativo antes de extraer conclusiones, pero, presumiblemente, la diferencia es significativa, al menos en el tamaño en el que se pretendía que los participantes de la encuesta y grupo focal vieran cada resultado.

Se realizó un experimento preliminar para comprobar si existían grandes diferencias entre ambos modelos más allá del nivel de detalle: someter ambas imágenes a un filtro de desenfoco y otro de pixelado, que podrían funcionar, en sí mismos, como una reducción de la resolución de una imagen. Como se puede apreciar en la siguiente figura, ambos niveles de detalle no presentan diferencias significativas una vez que se ve reducida su resolución de una manera considerable.

Figura 62. Muestra de los resultados finales de ambas imágenes interpretadas por un filtro de desenfoco y otro de pixelado.



Fuente: elaboración propia.

⁸ Los resultados finales pueden verse en los anexos, tanto en el tamaño en que se insertaron en las encuestas como ampliado al tamaño de la página.

5.1.2.4 Resultados del proceso de desarrollo

Como se ha mencionado, es complicado realizar una medición precisa en cuanto a los recursos humanos y técnicos necesarios para cada uno de los niveles de detalle. En este caso concreto, existieron variables con una influencia imponderable:

- Elaboración consecutiva de modelos

Una de las variables de control con más peso a la hora de realizar una medición precisa es que sea el mismo técnico el que realiza ambos modelos, para evitar que la misma habilidad de diferentes técnicos pueda interferir en los resultados. El hecho de que sea el mismo técnico quien realiza ambos niveles añade un factor que puede alterar el proceso: el orden en el que se realizan los modelos. El proceso de modelado de 3D del primer nivel de detalle que se realice facilitará el desarrollo del segundo, por lo que la estimación de la diferencia en coste de recursos será imprecisa. Salvo que se generen sistemas de control en la medición a partir de un análisis estadístico en el que se recoja el tiempo dedicado a diferentes proyectos. A pesar de que sería la manera más adecuada de hacerlo, constituiría una recogida de datos muy ambiciosa, que necesitaría la colaboración de decenas de profesionales e investigadores colaborando durante años.

Actualmente, con los medios disponibles, se tendrá que elegir como variable de control o bien que sea el mismo técnico (o equipo) el que realiza las diferentes versiones, o bien, que dos técnicos (o equipos) realicen de manera autónoma un nivel de detalle diferente.

- Morfología urbana

Como se señaló en el estado de la cuestión, en el caso concreto de los núcleos urbanos históricos, la morfología urbana puede estar muy condicionada por la época histórica en la que se contextualicen. La diferencia observable entre la realización de ambos modelos no tiene por qué ser equivalente a lo que pueda suceder en otras épocas históricas. Los periodos en los que la morfología urbana se caracterizaba por ser más ecléctica y con una distribución más errática tenderán a necesitar más tiempo en la fase de conjetura, sobre todo si los vacíos de información son importantes, ya que la cantidad de factores que pueden determinar elementos tan complejos

como el trazado urbano o la disposición de edificios suponen una cantidad de posibilidades que se incrementa exponencialmente junto con el aumento del nivel de detalle.

- Disposición de información

La documentación y el proceso de conjetura tienen tanto peso en una reconstrucción virtual que ya fueron añadidos a la tríada de condicionantes, pero también tiene una influencia directa y difícilmente mensurable a la hora de calcular, con exactitud, la diferencia en cuanto a los recursos humanos necesarios. Los modelos de los edificios singulares pueden necesitar más o menos tiempo dependiendo de si el modelado se debe ceñir a unas pautas estrictas o, por el contrario, necesita un proceso creativo que también requiera tiempo. Se necesitan estudios específicos sobre este aspecto para saber si precisará más tiempo la fidelidad a las fuentes o la creatividad a partir de la conjetura.

La información necesaria para una reconstrucción virtual es complicada de medir. Aunque se disponga de una recopilación sólida a la hora de comenzar la fase de modelado, esta siempre acabará desencadenando preguntas sin respuesta según se vaya avanzando en la definición de las estructuras. La naturaleza de estos vacíos de información es compleja ya que, habitualmente, para buscar una respuesta no es suficiente con una única fuente documental sino que se requiere un proceso de indagación que genere conclusiones a partir de la triangulación de información proveniente de un estudio interdisciplinar. Cada duda que vaya surgiendo requerirá un número indeterminado de horas de resolución, y esto dependerá de la tipología del núcleo urbano, su época histórica y el propio nivel de detalle.

Teniendo en cuenta la influencia de estas variables imponderables, y, por tanto, la imposibilidad para calcular el tiempo de desarrollo de ambos modelos, se plantea una estimación aproximada de que el nivel de detalle 3 ha requerido entre cuatro y cinco veces más tiempo que el nivel de detalle 1. Esta estimación se utilizará en el estudio cuantitativo teniendo en cuenta su imprecisión, pero, también, su valor a la hora de establecer, al menos, una referencia aproximada.

5.2 Grupo focal

El grupo focal se reunió el día 25 de abril de 2023, de forma telemática, para favorecer la participación de los expertos en RVP. Ocho especialistas fueron convocados, de los cuales tres no pudieron asistir por problemas de agenda, siendo, los participantes definitivos:

- Pablo Aparicio Resco

Especialista en reconstrucción virtual del patrimonio desde la perspectiva laboral y académica. En la última década ha desarrollado una labor de divulgación de la RVP a través de diferentes canales, convirtiéndose en uno de los referentes de esta disciplina a nivel internacional tanto en difusión como en formación online. Dirige la academia KORÉ, especializada en formación en arqueología virtual y es el fundador de 3DSTOA, una empresa dedicada, entre otras actividades, a la RVP.

- Desiree García Espinosa

Licenciada en Historia y con amplia experiencia en la representación gráfica de la arqueología. En los últimos años ha incorporado a su flujo de trabajo el diseño 3D, desarrollando varios proyectos de RVP de artefactos, espacios y conjuntos urbanos. Actualmente trabaja por cuenta propia, coordinando y desarrollando varios proyectos de RVP.

- María Herrera Pinadero

Graduada en Historia del Arte y Máster de Arqueología de Campo y Gestión del Patrimonio. Tiene experiencia en arqueología de campo, docencia en la rama de Humanidades y actualmente trabaja como técnica en Virtualización y Diseño 3D del Patrimonio en 3DSTOA. Tiene experiencia en la reconstrucción virtual de núcleos urbanos.

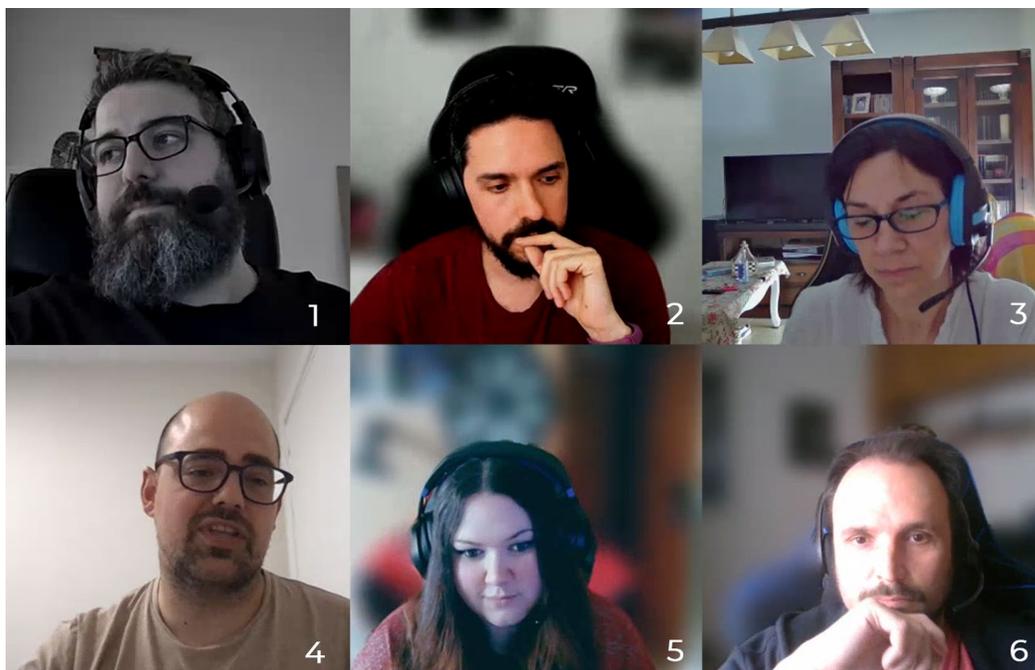
- Daniel Méndez García

Especialista en RVP proveniente de la rama tecnológica y audiovisual. Fundador de la productora Revives, con una larga experiencia en la reconstrucción y difusión del patrimonio urbano desaparecido, tanto a través de RVP como de animaciones digitales. Tiene experiencia en la coordinación de varios proyectos, tanto con entidades públicas como privadas.

- Javier Ordoño Daubagna

Arqueólogo de formación y especialista en RVP. Fundador de Arkikus, una empresa de base tecnológica que ha desarrollado varios proyectos de RVP de núcleos urbanos históricos en entornos inmersivos. Trabaja como director de proyectos, tanto con empresas como con entidades públicas, y tiene amplia experiencia en los flujos de trabajo y condicionantes de proyectos de RVP.

Figura 63. Participantes del grupo focal.



Nota: Mario Alaguero Rodríguez (1) (moderador), Pablo Aparicio Resco (2), Desiree García Espinosa (3), Javier Ordoño Daubagna (4), María Herrera Pinadero (5) y Daniel Méndez García (6). Captura de pantalla de la sesión de grupo focal.

5.2.1 Resultados del grupo focal

Al comienzo del grupo focal se explicó a los participantes el motivo de su intervención en esta reunión, así como las características de esta técnica de análisis cualitativo. Se expuso, con transparencia, que se buscaba generar reflexiones provenientes de la propia confrontación de opiniones y planteamiento de argumentos. Se realizó una introducción del estado de la cuestión de esta tesis doctoral, pero sin ofrecer información que pudiese condicionar las opiniones del grupo, simplemente se aportaron datos que pudiesen servir para dar pie al debate. Asimismo, se explicó que la función del moderador era exclusivamente dar paso a los temas y recoger las reflexiones sin participar activamente en los argumentos para no distorsionar las opiniones o reflexiones de los participantes. Se plantearon los siguientes temas:

- ¿Habéis trabajado con diferentes niveles de detalle? ¿Por qué?

Esta pregunta se planteó como punto de partida para conocer la experiencia específica de los participantes en los flujos de trabajo en diferentes niveles de detalle y su adecuación según los condicionantes de cada proyecto.

Los participantes señalaron que solían trabajar con un nivel de detalle alto, salvo en casos puntuales en los que, bien las características del proyecto, bien por las solicitudes de los clientes, este debía ser reducido. Ordoño señaló “depende mucho del producto en el que trabajes”. También los participantes mencionaron que en algunos proyectos se utilizan diferentes niveles de detalle de manera simultánea o complementaria, para transmitir información desde diferentes perspectivas. Los motivos para la toma de esta decisión varían dependiendo de cada caso. En ocasiones, los participantes han recurrido a los bajos niveles de detalle para servir como contexto a un elemento específico reconstruido con más resolución o como representación esquemática para acompañar un discurso narrativo. Varios de los participantes señalaron que, en ocasiones, la decisión de usar diferentes niveles de detalle se toma desde un punto de vista técnico, para favorecer el procesamiento en tiempo real de los proyectos de RVP o agilizar el rendimiento de hardware y software.

- ¿En qué momento del flujo de trabajo del proyecto tomáis la decisión de en qué niveles de detalle se va a trabajar?

Con el planteamiento de este tema se pretendía conocer si los profesionales seguían alguna de las metodologías planteadas desde el ámbito académico o, al menos, seguían un flujo de trabajo propio en el que se tomasen las decisiones técnicas y estéticas en algún punto del proceso de preproducción.

Algunos de los participantes, como García, apuntaron que el proceso de decidir el nivel de detalle se iba tomando de manera espontánea, según el avance del proyecto y se iba variando dependiendo de cada elemento que se va reconstruyendo. En cambio, Méndez señaló que el uso de cada nivel de detalle se decide, en su productora, en la misma concepción del proyecto, sobre todo teniendo en cuenta los condicionantes del presupuesto y la disposición de información. El resto de los participantes mencionaron que sí existe una fase de preproducción y que es en esta en la que se decide el nivel de detalle de la reconstrucción virtual. En palabras de Aparicio: “cuando trabajamos en proyectos que nos encargan intentamos definir el nivel de detalle prácticamente desde el primer momento en el que contactan con nosotros” ya que esta decisión “varía mucho al final el tiempo de trabajo y el coste del propio proyecto”. Siguiendo este argumento, Méndez mencionó que es habitual modificar el nivel de detalle para ajustarse al presupuesto disponible para un proyecto.

Por otra parte, Ordoño puso el foco en un proceso de trabajo que no está recogido en algunas de las metodologías académicas identificadas en el estado de cuestión de esta tesis: “lo que hacemos es primero modelar con volúmenes simples los diferentes escenarios donde vamos a trabajar. Seleccionar muy bien esos escenarios, elegir los puntos de visualización que más interesan a nivel histórico o patrimonial (...) y, a partir de ahí, siempre al máximo detalle”. Esta técnica se conoce como *blocking* en el ámbito del modelado 3D en otras disciplinas, como la animación o los videojuegos. Consiste en realizar un prototipo con poca resolución para hacer una distribución de recursos, ubicaciones de cámaras y pruebas de iluminación. Este proceso dentro de un flujo de trabajo adaptado a la RVP podría agilizar el desarrollo de un proyecto de reconstrucción, tanto por mejorar la eficiencia de recursos como por facilitar el proceso de toma

de decisiones conjeturales a la hora de solventar la falta de información arqueológica o documental.

- ¿Son diferentes las habilidades que se necesitan para trabajar en diferentes niveles de detalle?

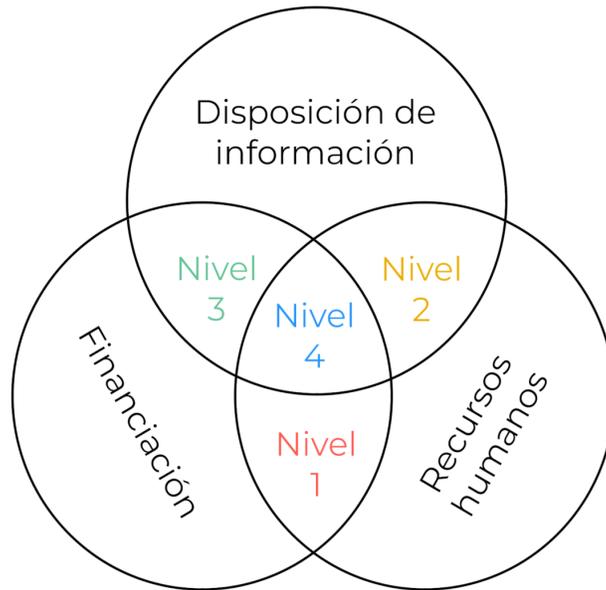
Los participantes parecen estar de acuerdo en que los diferentes niveles de detalle no implican, *per se*, que los resultados sean menos atractivos. Los niveles de detalle más definidos pueden basar su belleza en el hiperrealismo visual, pero en los bajos niveles de detalle se pueden explorar acabados artísticos que resulten más atractivos al público objetivo. En este caso Aparicio señaló que “trabajar las escenas *low-poly* también es un arte y lleva trabajo y experiencia”, mientras que, para que los resultados artísticos sean hiperrealistas se requieren menos habilidades artísticas y más técnicas. En este punto, y también en palabras de Aparicio: “es importante formar equipos interdisciplinarios (...) en base al diálogo salen cosas mejores”.

En cambio, Herrera señaló cómo hay otros factores que pueden influir en el atractivo del acabado de un proyecto más allá del nivel de detalle, como el texturizado o la iluminación. Así, aparece una nueva característica que difiere los niveles de detalle más sintetizados de los más complejos: la capacidad de expresividad artística frente al realismo visual implica que a la hora de determinar qué nivel o niveles de detalle usar en un proyecto podría darse el caso de que sea más conveniente un nivel de detalle reducido aunque se disponga de información y financiación suficiente para realizarlo en alto nivel de detalle.

- ¿Cómo creéis que influye la información a la hora de elegir un nivel de detalle?

Esta pregunta se formuló tras una presentación del gráfico de la tríada de condicionantes en los niveles de detalle de la RVP de núcleos urbanos. Se explicó someramente parte de los resultados del análisis del estado de la cuestión de esta tesis doctoral como un punto de partida para el debate.

Figura 64. Correlación entre condicionantes de proyectos de RVP y niveles de detalle.



Fuente: elaboración propia.

Los participantes hicieron hincapié en que el uso de la información, en sí misma, está condicionada por el fin último del proyecto, así como las decisiones u objetivos de las personas que encargan cada reconstrucción. Ordoño: “hay poca permeabilidad e investigadores muy celosos de la información que guardan”. Por otra parte, los expertos señalaban que en los casos en los que haya vacíos de información es mejor plantear un diseño visual realista, aunque tenga un alto grado de hipótesis, siempre manteniendo la transparencia de las fuentes documentales que se han utilizado y los resultados. En palabras de Méndez: “para dedicarse a esta profesión tenemos que asumir que nuestro trabajo puede ser destruido en cualquier momento y será porque ha servido para fomentar un debate”. También los especialistas coinciden en que según quién solicite una reconstrucción virtual tendrá más inquietud por respetar el rigor histórico, siendo el patrimonio, en ocasiones, utilizado como un recurso turístico más. En palabras de Ordoño: “tienes que lidiar con la parte patrimonial (...) y con la parte turística y el equilibrio es muy difícil”. Varios de los participantes aclaran cómo suelen ser ellos los que actúan como garantes del rigor histórico frente a clientes que tienden a solicitar reconstrucciones fantasiosas por buscar aumentar el impacto turístico o promocional. Los participantes defienden la necesidad de actuar con transparencia a la hora de dar a conocer las fuentes de información y la metodología que se ha seguido, pero exponen

cómo, en muchos casos, los responsables de poner en marcha estos proyectos están más preocupados por conseguir un resultado vistoso que riguroso, error que está expresamente recogido en los Principios de Sevilla.

En los casos en los que haya vacíos de información sustanciales, los expertos señalan que existe la opción de representar los núcleos urbanos con un bajo nivel de detalle, o bien, realizarlos con alto nivel de detalle, pero difundiendo el proceso de toma de decisiones e indicando cuáles son las fuentes disponibles. En este punto, señalan la idoneidad de utilizar escalas de evidencia en la toma de decisiones, a la vez que también argumentan que no todas las entidades que solicitan este tipo de proyectos están dispuestas tanto a financiar como a difundir esta información.

En este contexto, otro argumento que surgió en torno a la información y su influencia en los niveles de detalle fue cómo tratar con los casos en los que los proyectos de RVP se basan en hipótesis con demasiada poca evidencia documental, como en el caso de la ficción audiovisual o los videojuegos. En estos casos, los expertos señalan que se trata de una casuística tan diferente a esta disciplina que podría considerarse, directamente, ficción, por lo que no entraría en juego la importancia del rigor histórico.

- ¿Creéis que los profesionales de RVP que existen en España podrían realizar más proyectos de los que se están ejecutando en la actualidad?

Esta es una pregunta directamente vinculada con esta forma de análisis cualitativo y con uno de los elementos de la tríada de condicionantes: serán los profesionales en la materia los que más información tendrán sobre el estado actual del sector en cuanto a la cantidad de personal disponible y a su nivel de formación y habilidad. Los análisis académicos o los resultados prácticos no aportan suficiente información para saber si la ausencia de equipos de trabajo capaces de desarrollar proyectos de RVP es una limitación para que no existan, hasta la actualidad, más proyectos de RVP en España. En el estado de la cuestión de este estudio se planteó que teniendo en cuenta la cantidad de proyectos que se desarrollaban, y su calidad, podrían suponer que existen suficientes recursos humanos expertos en esta disciplina, hipótesis que parece confirmarse con la opinión de estos expertos.

En este caso hubo un consenso entre los participantes. Todos argumentaron que existen profesionales capaces de desarrollar más proyectos de RVP de los que se están ejecutando en la actualidad. Estos profesionales provienen de diferentes disciplinas, pero tienen conocimientos específicos en RVP, lo que les permitiría tener habilidades, más allá del conocimiento técnico o académico. Según la opinión de Herrera: “hay mucha gente que es muy buena y está buscando (proyectos) pero no encuentra (...). Falta de recursos humanos creo que no hay ni la va a haber.” Los expertos sugirieron que si hubiese más financiación e iniciativa para promover más proyectos se podrían desarrollar sin problema con los profesionales que ya existen en el país. En este aspecto es sustancialmente importante el aporte de Aparicio, promotor de la academia Koré, una de las referentes a nivel europeo en formación en RVP, lo que le permite tener un conocimiento de primera mano. Desde su perspectiva, los exalumnos de la academia y los profesionales que están buscando trabajo en RVP tienen habilidad suficiente como para incorporarse al mercado, pero se necesita que se encarguen más proyectos por parte de los responsables de difusión del patrimonio. En este aspecto, se señaló que el objetivo de las empresas que llevan a cabo proyectos de RVP debe ser tener personal estable, no dependiente de proyectos, aunque varios de los participantes tienen perspectivas optimistas sobre el futuro. Para disponer de esta financiación Méndez sugirió: “pienso que hay muchas posibilidades de aumentar los trabajos de reconstrucción si sabemos cómo canalizar la viabilidad (...) y la colaboración público-privada”. García mencionó que en los casos en los que la financiación proviene del ámbito privado se suelen mejorar las condiciones de trabajo, tanto por la provisión de fondos como por su disposición a conseguir un buen resultado.

Sobre esta falta de financiación, Méndez mencionó que, en muchas ocasiones, los solicitantes de proyectos de RVP tienen pocos recursos que poder destinar a esta partida, para lo que sugirió que se distribuya la financiación entre otro tipo de entidades, fundamentalmente públicas: “la cuestión es que de otras partidas que parece que no tienen fin, como son el turismo o la promoción, que se aúnen, que se hablen. (...) No estamos en un país especialmente derrochador en presupuestos para investigación, (...) no es de donde vienen los fondos desde donde se nos hacen los encargos”.

Aparte de la financiación, Aparicio señaló un aspecto que considera sustancialmente importante a la hora de tomar decisiones sobre los niveles de detalle, e, incluso, a la hora de aceptar un proyecto y es el tiempo de ejecución: “Es imprescindible tener al mismo nivel la financiación

y el tiempo”. Aparicio mencionó que, en ocasiones, existe suficiente financiación como para llevar a cabo un proyecto, pero el margen de ejecución temporal es tan ajustado que solamente se pueden desarrollar proyectos en bajo nivel de detalle o, incluso, directamente son descartados.

- ¿Creéis que hay más iniciativa por parte de los promotores de proyectos de RVP por unas épocas históricas que por otras?

Esta cuestión se planteó para conseguir argumentos más allá de los presentados en el estado de la cuestión de este estudio para profundizar en las posibles causas de que un porcentaje muy elevado de las reconstrucciones virtuales recogidas en la muestra estuviesen ambientadas en la Edad Antigua y estuviesen hechas en bajos niveles de detalle.

Aparicio sugirió que una de las posibilidades, sobre todo en la Edad Contemporánea, era la complejidad de la representación de los núcleos urbanos por su extensión y tipología, a la vez que la RVP, en este caso, podría tener menos sentido por conservarse fotografías que hiciesen innecesario un proyecto de reconstrucción. Por otra parte, también argumentó que en la Edad Media es más habitual que las reconstrucciones se hagan más sobre edificios concretos que sobre núcleos urbanos completos: “normalmente en la Edad Media (...) se ha centrado más en los monumentos concretos como iglesias, catedrales, etcétera.”

Por otra parte, se señaló que la Edad Antigua podría resultar más interesante para las administraciones por su mayor atractivo para el público y por la idoneidad de la RVP para mostrar una época que se diferencia más, morfológicamente, de lo que se suele conservar del trazado urbano en los núcleos urbanos actuales.

Ordoño señaló que otro de los factores puede ser el propio desconocimiento de la potencialidad de la RVP más allá de los yacimientos arqueológicos: “la gente cuando le hablas de realidad virtual piensa en un yacimiento (...) donde solo se ve la cimera de los muros, cuatro ruinas y demás.” Este argumento guarda relación con el planteamiento recogido en este estado de la cuestión, en el que se sugería que las administraciones públicas tenderían más a plantear proyectos

de RVP en espacios excavados (como edificios o pequeños entornos en un núcleo urbano actual) o yacimientos arqueológicos completos que han sido despoblados en algún momento de la historia. De este modo, se puede afirmar que la disciplina de la RVP necesita más divulgación para que se pueda comprender su utilidad y su aplicación más allá de entornos arqueológicos.

La siguiente cuestión que se sacó a debate se fundamentó en las dos imágenes de la reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz en un nivel de detalle simplificado y otro más realista para que los participantes pudiesen reflexionar sobre la diferencia entre ambos acabados.

Figura 65. Participantes del grupo focal observando ambos niveles de detalle.



Fuente: elaboración propia.

- ¿Cuánto creéis que puede condicionar el tiempo de desarrollo de un proyecto su ejecución en uno de estos dos niveles de detalle?

La primera respuesta, muy espontánea, de Méndez, fue que más que los propios niveles de detalle el tiempo se va más en las revisiones del proyecto, entendiendo que se refiere a las revisiones de quien ha solicitado el proyecto de RVP. Aparicio señaló un aspecto que puede influir en la eficiencia de la metodología y es en la realización de un modelo de bajo nivel de detalle para obtener las primeras retroalimentaciones del cliente, para, posteriormente, generar el modelo definitivo: “al cliente le paso un boceto 2D bastante avanzado (...) y de ese modo me ahorro un montón de cambios”. En esta línea, Méndez corroboró el argumento de Aparicio: “no está mal hacer un boceto sin texturizar (...) que te hagan los cambios ahí que duelen menos (...) e inviertas menos tiempo.”

En cuanto al tiempo de desarrollo, Aparicio comentó que de una manera evidente el modelo con menor nivel de detalle necesita mucho menos tiempo de desarrollo, por poder repetir elementos y no tener que invertir tiempo en detalles. Herrera señaló que cuanto más detallada es una imagen más aumenta el tiempo de desarrollo, sobre todo por la ubicación de elementos constructivos si se realiza de una manera minuciosa.

Por otra parte, en este contexto, Ordoño sacó a colación otro de los condicionantes de los niveles de detalle: la habilidad de los recursos humanos: “luego depende de la experiencia que tengas. Si tienes experiencia puedes automatizar mucho, pero al principio...”. En este aspecto, Aparicio señaló que algunas técnicas de automatización que se van consolidando en el mercado no se pueden utilizar en el ámbito de la RVP porque la responsabilidad para con el rigor histórico requiere una precisión muy alta a la hora de ubicar los diferentes elementos de la escena, de lo que puede extraerse la conclusión de que la RVP seguirá necesitando profesionales con conocimientos específicos que serán más difícilmente sustituibles por la tecnología que en otras disciplinas similares.

Aparicio reconoció que la inversión de tiempo en un modelo es evidentemente menor, pero afirmando que, habitualmente, merece la pena el esfuerzo de realizarlo con más nivel de detalle: “una vista más esquemática va a acortar los tiempos de proceso sin lugar a dudas, pero yo creo que en este caso aporta más la imagen inferior”. Además, Aparicio menciona una de las posibles

ventajas de los modelos con menor nivel de detalle y es que su sencillez puede favorecer la comprensión, pero, en este caso, reconoce que la imagen con más detalle no tiene por qué ser necesariamente más confusa que la esquemática. En este punto, Ordoño señaló que el tiempo invertido en el alto nivel de detalle merece la pena, y que, de realizarse un modelado simplificado no habría que invertir demasiado tiempo en el texturizado: “El esfuerzo que se pone en dotar a la volumetría con texturas no merece la pena. Yo me quedaría con la imagen volumétrica o la final (alto nivel de detalle) la intermedia no me llega a aportar mucho.” En el debate surgido sobre este argumento, los participantes mostraron consenso en que los proyectos con bajo nivel de detalle deben tender a tener un acabado no realista, no siendo oportuno aplicar texturas complejas a modelos sencillos. Que los expertos hayan manifestado esta reflexión común es especialmente importante en este análisis cualitativo, ya que para llegar a esta conclusión con un análisis cuantitativo se deberían realizar varias pruebas en las que se modificasen otras variables como la iluminación o el texturizado, siendo, en ese caso, un estudio demasiado ambicioso. Siguiendo con esta idea, Aparicio incluso llegó a aportar una propuesta estética para los niveles de detalles simplificados: “ya que tenemos un esquema vamos a hacer un texturizado todavía más sencillo (...) que nos permita ver el urbanismo y otro tipo de información.”

5.2.2 Conclusiones del grupo focal

Tras el debate, se ha podido verificar la idoneidad de este tipo de análisis cualitativo dentro de la metodología de este estudio ya que se ha recopilado una serie de nuevos argumentos, a la vez que se han podido verificar algunas de las hipótesis planteadas en el estado de la cuestión. Estos nuevos enunciados están fundamentados en testimonios de los profesionales, lo que genera conocimiento más evidente que la mera reflexión individual, en la que se basaban algunas de la hipótesis de las que partía este estudio. Se han seguido las pautas que se proponen desde la literatura académica para que el grupo focal genere unos resultados veraces, observando que, en general, el consenso entre los especialistas es bastante alto, lo que da pie a realizar varias afirmaciones cuya evidencia se fundamenta en la opinión común de cinco expertos provenientes de diferentes ámbitos y empresas. A partir de los debates y reflexiones extraídos de este grupo focal se plantean las siguientes afirmaciones, que, en su mayoría, fueron propuestas a los

participantes al finalizar la reunión para que verificasen si estaban de acuerdo, para comprobar que no hubiese fallos de perspectiva o subjetividad del moderador.

- Los profesionales prefieren, en la medida de lo posible, trabajar en alto nivel de detalle.

Los participantes mostraron consenso en su preferencia, tanto personal como profesional, por desarrollar proyectos de RVP en el mayor nivel de detalle que se pueda conseguir teniendo en cuenta los condicionantes que tenga cada situación. Los profesionales presentan una vinculación emocional con esta disciplina y puede que la propia vocación los lleve a intentar conseguir los acabados más realistas posibles. A lo largo del debate sobre los enunciados previos se pudieron recoger reflexiones en las que el grupo planteaba que si no había suficiente información en un proyecto preferían, no obstante, intentar conseguir un nivel de detalle alto aunque teniendo que plantear, debidamente, una divulgación posterior sobre la carencia de evidencia. En este aspecto, Ordoño apuntó: “como virtualizadores del patrimonio debemos autoexigirnos la mayor calidad de detalle siempre que se pueda y los medios den para ello”.

Sin embargo, el grupo también está de acuerdo en que, aun teniendo una preferencia personal por el alto nivel de detalle, los modelos simplificados también tienen espacio en la RVP. En palabras de Aparicio: “Me gusta más hacer recreaciones fotorrealistas, pero es verdad que también me gusta mucho cuando se da la oportunidad hacer cosas de tipo esquemático, reconstrucciones de bajo nivel de detalle”.

- El nivel de detalle puede influir en el acabado estético en la RVP pero no tiene por qué ser el factor más determinante.

Aun habiendo planteado su preferencia por trabajar en alto nivel de detalle, el grupo señaló que no siempre esta elección implica que el resultado final de un proyecto de RVP sea atractivo y funcional. En palabras de Aparicio: “la simplificación y la esquematización puede tener un acabado que sea elegante, bonito, (...) atractivo.” Por tanto, teniendo en cuenta que los modelos con poco nivel de detalle requieren menos financiación y disposición de información podría concluirse la necesidad de más estudios que profundicen en las posibilidades estéticas de estos niveles de detalle para mejorar su aplicación en RVP. Los resultados que se recogerán a partir del

análisis cuantitativo de esta tesis doctoral analizan las variables de los propios niveles de detalle y la distancia de encuadre, pero no profundizan en las diferentes posibilidades estéticas de los niveles de detalle simplificados. Por tanto, se plantea como futura línea de investigación la exploración sobre cómo el atractivo visual de una imagen puede influir en su percepción y, por tanto, en sus capacidades divulgativas. En este aspecto, Aparicio añadió: “el nivel de detalle siempre influye en el acabado estético, pero en cómo llega a la gente hay otros factores que influyen más. (...) Que esté hecho con gusto o no, que tenga una narrativa o un contexto que acompañe, que tenga una fácil lectura, que aporte ciertas cosas.” De este modo, aunque, *a priori*, los niveles de detalle simplificados podrían tener desventaja en cuanto a su atractivo estético, se concluye que, aparte de la tríada de condicionantes, existen otros factores – narrativos, visuales...- con una influencia muy alta en la calidad final de un producto de RVP.

- Se pueden utilizar varios niveles de detalle en un mismo proyecto, aprovechando las características de cada uno de ellos.

La elección del nivel de detalle en la fase de preproducción de un proyecto de RVP no está limitada a que solamente se realice un modelo definitivo en un nivel de detalle concreto. Cada proyecto de divulgación de núcleos urbanos históricos puede tener, a partir del mismo caso, diferentes versiones que respondan a distintos objetivos o partan de según qué condicionantes. En concreto, se pueden utilizar niveles de detalle reducidos para una vista general del núcleo urbano, ya que esto requiere de menos recursos y documentación histórica, dejando los altos niveles de detalle para otras reconstrucciones de zonas seleccionadas. Los participantes en el grupo focal reconocen que han utilizado este sistema. En palabras de Aparicio: “combinar distintos tipos de información visual (...) ciertos elementos de forma esquemática y otros elementos de forma realista (...) puede funcionar muy bien”.

Además, en la preproducción de un proyecto de RVP se debería conocer el soporte final en el que se van a visualizar los contenidos, lo cual también condiciona el tipo de nivel de detalle que se debe utilizar, ya que, las propias limitaciones de según qué formatos podría hacer innecesario aumentar el detalle de los modelos. En este aspecto, Méndez opina: “hay varios productos que da igual la calidad que les des que no se va a poder apreciar. El soporte condiciona que merezca la pena el nivel de detalle.”

- Un nivel de detalle simplificado, según cómo se haga, puede ser más didáctico.

La percepción de una imagen puede verse favorecida por la simplificación: modelos menos detallados podrían transmitir información de una manera más concisa y clara. Los niveles de detalle más realistas pueden añadir mucha información que distraiga la percepción y, en el caso concreto de los núcleos urbanos históricos, puede pasar que los receptores de la información interpreten mejores volúmenes sencillos con pocos detalles, para, sobre todo, comprender el trazado urbano o la disposición de elementos constructivos. Según señaló Aparicio: “Tiene sus ventajas lo esquemático, como ver más claro el urbanismo. Los detalles están muy bien pero impiden que nos fijemos en las fases de la ciudad o los tipos de edificios”.

- Una reconstrucción virtual que parta de una información escasa debe hacerse en bajo nivel de detalle, o bien, especificando muy claramente y con transparencia el grado de evidencia.

Esta conclusión guarda una relación directa con el análisis del estado de la cuestión planteado en este estudio: la disposición de información, como uno de los elementos de la tríada de condicionantes, tiene una influencia determinante a la hora de decidir en qué nivel de detalle comenzar una reconstrucción virtual. En este aspecto, el grupo focal parecía estar de acuerdo, pero matizando que, en su opinión, existen casos en los que las propias características y contexto de un proyecto permiten realizar una reconstrucción muy detallada, aunque la información sea escasa, siempre amparándose en la transparencia de los resultados. Difundiendo cómo ha sido el proceso de toma de decisiones y dejando claro a los espectadores que esa reconstrucción tiene un grado alto de conjetura.

- Hay suficientes profesionales en España para que se desarrollen más proyectos, pero falta financiación.

Una de las preguntas del grupo focal iba dirigida directamente a esta cuestión, ya que es complicado hallar información al respecto tanto en la literatura académica como en el análisis cuantitativo. Los participantes muestran un claro consenso en este aspecto. Argumentan que tanto por su parte como por lo que conocen del sector, se podrían generar muchos más proyectos de

RVP de núcleos urbanos, matizando, además, que esto sería muy positivo para la divulgación del patrimonio español. García señaló que: “muchos recursos, mucha gente buena pero el problema está en el dinero, porque sin el dinero no se puede ejecutar nada.” Este asunto es especialmente reseñable si se une a los recursos humanos necesarios para otro de los condicionantes: la disposición de información que, también, depende directa e indirectamente de personal cualificado que pueda investigar en aspectos arqueológicos e históricos. En palabras de Ordoño: “hay gente cualificada que puede aportar mucho valor a los trabajos de reconstrucción virtual en cuanto al nivel de detalle (...). Información hay, evidentemente heterogénea, con más o menos ayuda de los expertos locales (...) más subjetiva u objetiva”. Por tanto, se concluye que el tejido empresarial y humano disponible a nivel nacional no es un condicionante que, en el contexto actual, sea una limitación para aumentar el número de proyectos de RVP.

- Es necesario hacer divulgación sobre la disciplina para fomentar la iniciativa pública y privada, así como para favorecer los procesos de trabajo.

Según lo recogido por las aportaciones del grupo focal, en ocasiones la financiación no está condicionada a su existencia sino a la voluntad de políticos y entidades por desarrollar proyectos de RVP. En algunos casos, esta iniciativa no se desarrolla por falta de conocimiento sobre el potencial de la RVP. No existen proyectos sin financiación y no existe financiación sin voluntad institucional. En palabras de García: “lo que más va a mediatizar el nivel de detalle es la financiación. Que exista financiación suficiente para que se puedan abordar reconstrucciones virtuales con detalle y con tiempo.” Lo que, unido a la argumentación de Herrera: “estamos muy supeditados al proyecto final que quiere el cliente y al discurso que se quiere dar” permite la conclusión de que son los gestores de los bienes patrimoniales, o bien las entidades encargadas de cultura o turismo las que tienen que definir los objetivos y obtener la financiación necesaria para su ejecución. En este sentido, los participantes coinciden en la importancia de promover la disciplina de la RVP para que estas entidades puedan comprender las posibilidades que ofrece para incentivar el turismo y favorecer la comprensión de núcleos urbanos históricos. Según Aparicio: “compartir trabajos en nuestras webs acaba llegando a entes públicos o asesores (...) y al final pues sacan una licitación de algo así.”

También es necesario que estas entidades comprendan la dificultad del proceso, ya que los participantes señalan cómo, en ocasiones, tienen que rechazar proyectos porque son económicamente inviables. Ordoño apuntó: “descartamos el proyecto si no tenemos la financiación suficiente para llegar a esos niveles de detalle o si no tenemos la información suficiente”.

- El tiempo disponible para el desarrollo y los cambios que se vayan solicitando a lo largo del proyecto son dos factores condicionantes que deben tomarse en cuenta a la hora de elegir un nivel de detalle.

El grupo estuvo de acuerdo en que se podría incluir el factor tiempo a la hora de calcular el nivel de detalle en que se va a realizar un proyecto, ya que, por la propia idiosincrasia de la RVP, en el proceso de conjetura y revisión histórica de los avances se pueden dilatar los plazos más allá de lo previsto en la fase de reproducción de un proyecto. Los participantes aseguran que han tenido que rechazar proyectos porque el plazo de ejecución era demasiado breve como para garantizar un resultado de calidad e históricamente riguroso. Herrera comentó: “Los clientes no son conscientes del tiempo y el esfuerzo que conlleva hacer el trabajo que hacemos.”

El tiempo, en sí mismo, también puede condicionar directamente la decisión de en qué nivel de detalle realizar un proyecto, ya que no solo se necesita menos tiempo para diseñar volúmenes simples, sino que, al tener menos detalle, se prevé que el tiempo invertido en revisiones y correcciones de errores sea mucho menor. Méndez apuntó que la disposición de tiempo también varía dependiendo del contexto y finalidad de cada proyecto. Por su formación como comunicador y experiencia en medios de comunicación en directo asegura que, si un proyecto tiene que estar a tiempo, hay que buscar soluciones técnicas y creativas para conseguirlo, y, una de ellas, es recurrir a un nivel de detalle inferior.

- Hay que explorar la expresividad de los diferentes niveles de detalle.

Los expertos coinciden en que prefieren el alto nivel de detalle, pero, a su vez, reconocen que los niveles de detalle inferiores permiten más creatividad en la estética. El hecho de que ya se esté codificando la información visual en volúmenes más simples permite distorsionar aún más la realidad, posibilitando la expresión artística. En palabras de Méndez: “cuanto más realista más te acercas a lo objetivo, si tienes los datos, si intentas hacerlo *low-poly* (...) tiras más a lo expresivo.”

Los participantes incluso mencionaron acabados concretos que habían utilizado en diferentes proyectos de bajo nivel de detalle, indicando que las posibilidades estéticas son mucho más amplias que en resultados más fotorrealistas. De este modo, se especifica una nueva ventaja de los niveles de detalle reducidos que deberá ser explorada en el futuro. En este aspecto Méndez también señaló: “en algunos casos, por cuestiones expresivas, la baja resolución puede ser mejor solución que una alta resolución. (...) Tampoco descartemos que la baja resolución es siempre para los pobres, que hay proyectos súper bonitos que van a funcionar mejor y van a canalizar (...) mejor la información, van a ser más expresivos si lo utilizamos como recurso de transmisión, siempre que no se pierda información, es decir, mientras no hay una (...) pérdida de información que sea relevante para lo que se quiere contar.”

De este modo, y teniendo en cuenta otras de las conclusiones del grupo focal, se puede establecer que los niveles de detalle reducidos pueden usarse no solo cuando existe poca información o financiación sino elegirse *ex profeso* para proyectos en los que la expresión artística a través de la estética se ajuste a las especificaciones y objetivos de la reconstrucción.

- Es recomendable, como una fase de la metodología, realizar un primer modelo en bajo nivel de detalle que sirva como base para el modelo final.

Como se ha visto en el primer apartado de los resultados de este estudio, realizar modelos con bajo nivel de detalle requiere de un tiempo considerablemente inferior a niveles más definidos. Tanto es esto que el grupo focal presenta consenso en asegurar que realizar un modelo con bajo nivel de detalle como base para la toma de decisiones puede facilitar la metodología de trabajo en proyectos de RVP de núcleos urbanos. La realización de un modelo esquemático puede favorecer

la comprensión del entorno y agilizar las conjeturas, tanto las que sirvan como punto de partida de la reconstrucción como las consiguientes revisiones históricas.

Tras estas conclusiones se puede determinar que este estudio cualitativo ha resultado útil, habiendo aportado información muy relevante para este estudio ya que la reflexión común de este grupo de profesionales ha aportado puntos de vista y argumentos que no aparecían en la literatura académica relacionada con la RVP de núcleos urbanos históricos. Este análisis cualitativo tendrá aún más sentido al combinarlo con la información procedente del estudio cuantitativo.

5.3 Análisis cuantitativo

En este análisis, se buscaban resultados que propiciasen conclusiones tanto sobre la percepción de los usuarios de reconstrucción virtual como sobre su opinión acerca de los niveles de detalle. Se proporcionaron encuestas a participantes en visitas guiadas de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz para que fuesen rellenas siempre antes de comenzar la visita, lo que delimitaba el público objetivo y acotaba el contexto: personas interesadas en el patrimonio cultural (al menos lo suficientemente interesadas como para visitarlo de manera premeditada) y antes de comenzar la visita, para evitar interferencias en los resultados entre los grupos que habían y no habían recibido la información de la experiencia turística.

Se recogieron 268 encuestas entre marzo y agosto de 2023, de las cuales, se seleccionaron 250, excluyendo las que:

- Estaban rellenas por participantes con edad inferior a doce años, por considerar que su perspectiva sería demasiado diferente a los grupos de edad superior. Sería interesante la realización de estudios específicos a este público en el futuro.

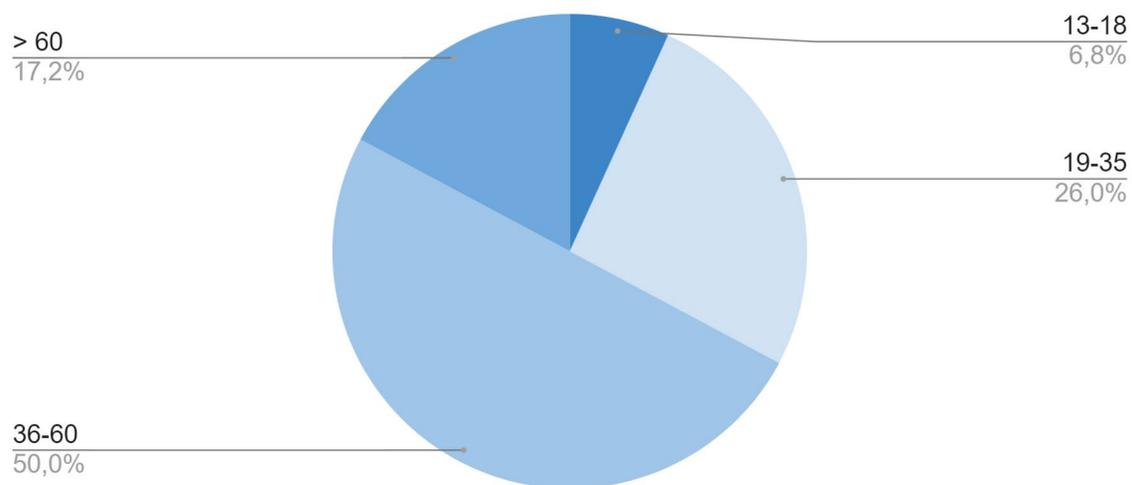
- Tenían varias preguntas sin responder.
- Presentaban valoraciones erráticas o incongruentes. Se recogieron varias encuestas en las que los usuarios votaban masivamente un 1 o un 5. Se consideran no válidas ya que algunas de las cuestiones del formulario estaban planteadas como preguntas de control, ya que al tener la misma valoración generaban opiniones opuestas.

Las 250 encuestas restantes fueron procesadas con el software Microsoft Excel, a través del cual se extrajeron medias y gráficas que facilitasen la comprensión y análisis de los datos.

5.3.1 Preguntas de cribado

El rango de edad de los participantes fue bastante heterogéneo, siendo el grupo entre 36 y 60 años el más amplio. Estos subgrupos fueron analizados por separado en las preguntas en las que la edad podía influir en el resultado, como la percepción del detalle en la imagen o cuestiones de opinión sobre la financiación pública de estos proyectos, pero los resultados no fueron significativos.

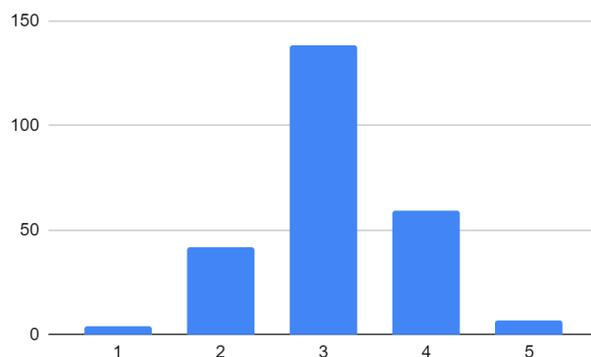
Figura 66. Porcentaje de encuestas respondidas desde cada rango de edad.



Fuente: elaboración propia.

La siguiente cuestión buscaba generar subgrupos según los conocimientos sobre Historia medieval de los participantes. Cabría esperar que la disparidad de conocimientos pudiese influir en los resultados:

Figura 67. Resultados de la cuestión “Conocimientos previos sobre historia medieval”.

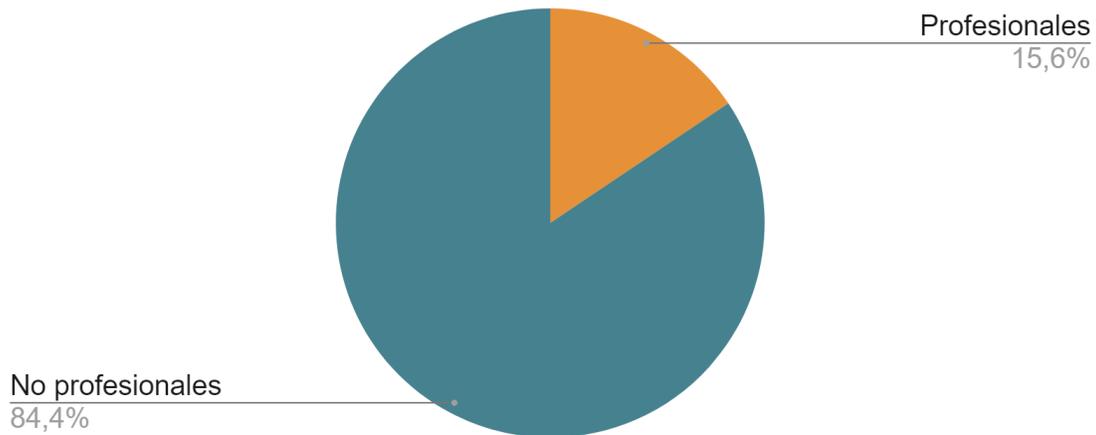


Fuente: elaboración propia.

Los resultados muestran un sesgo de tendencia neutral. Los participantes optaron menos por evaluaciones extremas, tanto el 1 como el 5, concentrándose una mayoría importante en el 3. Esto valida el muestreo al no estar las respuestas demasiado condicionadas por sus conocimientos, tanto por ser demasiado escasos como demasiado amplios. Estos resultados dificultan un análisis comparativo entre estos subgrupos y el principal, aunque se contrastaron los datos en varias cuestiones, sin que se obtuviesen diferencias reseñables.

El último de los enunciados en esta primera sección de filtros de subgrupos sí que generó dos perfiles que, al contrastar sus valoraciones, mostraban resultados con diferencias significativas:

Figura 68. ¿Está relacionada su profesión u ocupación con el patrimonio histórico?



Nota: se resalta este subgrupo en color ocre que será el utilizado en el resto de las gráficas cuando se comparen subgrupos, utilizándose el turquesa oscuro para los no profesionales. Fuente: elaboración propia.

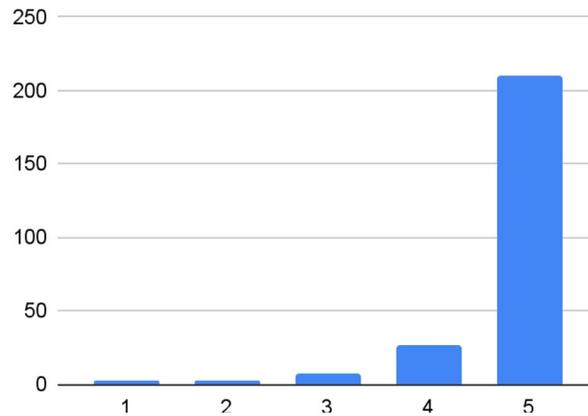
El subgrupo de personas cuya ocupación está vinculada con el patrimonio histórico es, como era esperable, considerablemente inferior al grupo principal, pero lo suficientemente amplio (con un total de 39 individuos) como para que se pueda tener en cuenta a la hora de comparar valoraciones. Este subgrupo vincula el análisis cualitativo con el cuantitativo, ya que, dentro de este último, se pueden extraer opiniones profesionales y comprobar si siguen la línea de lo manifestado por los especialistas del grupo focal. De esta manera se pueden confirmar algunas de las conclusiones extraídas en el análisis cualitativo. Al comparar los resultados del grupo principal con el subgrupo de profesionales del sector se recogieron, en algunos de los enunciados, valoraciones cuya diferencia es significativa.

5.3.2 Resultados del análisis cuantitativo

Los enunciados que debían valorar los participantes se dividieron en dos secciones. En la primera, se pedía a los encuestados que revisasen las dos primeras imágenes, en dos niveles de detalle diferentes, durante 10 segundos cada una. Se esperaba que, sin información previa, los encuestados pudiesen extraer unas primeras conclusiones a partir solamente de las diferencias perceptibles entre ambas imágenes. Se pedía a los encuestados que valorasen varios enunciados en una escala Likert siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

La primera cuestión generó estos resultados:

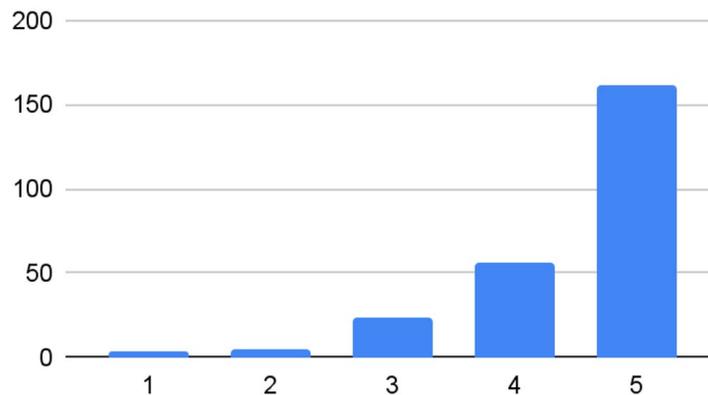
Figura 69. La segunda imagen es más detallada que la primera.



Fuente: elaboración propia.

Los encuestados respondieron de una manera muy rotunda sobre su percepción de la diferencia en nitidez entre ambas imágenes, siendo, la media un 4,75 y con, solamente, trece respuestas con un valor inferior a 4 en la escala Likert. Aunque la respuesta fuese previsible, que los datos sean tan rotundos favorecen la solidez de la prueba y, por tanto, de las siguientes respuestas. La siguiente cuestión tenía especial relevancia en este análisis cuantitativo:

Figura 70. La segunda imagen es más atractiva que la primera.

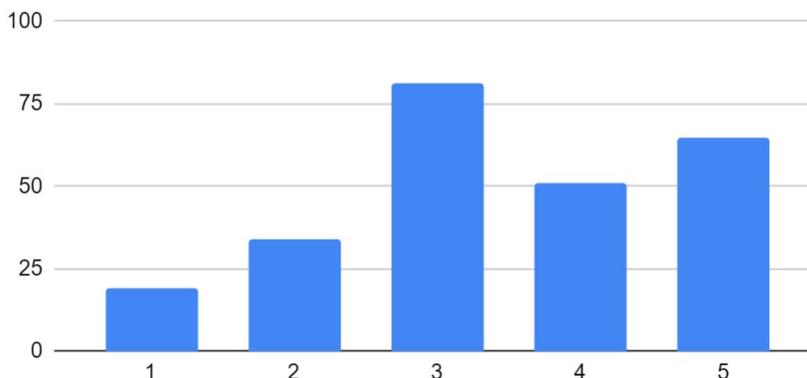


Fuente: elaboración propia.

Esta afirmación incluye un factor subjetivo como es el atractivo visual, que solamente puede ser medido a partir de la opinión de los receptores de la información, esto es, los encuestados. Ni el estado de la cuestión de esta tesis doctoral ni los resultados extraídos del grupo focal pueden definir y delimitar cómo se percibe la belleza ya que esta es una condición específica de quien recibe e interpreta una imagen, no de quien la genera. Aunque los resultados no han sido tan rotundos como en la primera cuestión, se puede concluir que, mayoritariamente, el público objetivo percibe como más atractiva una imagen generada con un alto nivel de detalle, con una valoración media de 4,47. Es importante señalar que esta conclusión depende de modificar únicamente la variable del nivel de detalle, lo cual, como se comentó en el grupo focal, podría no ser determinante si se modifican otras variables como el tipo de materiales o renderizado.

La siguiente cuestión explora la percepción del público objetivo sobre el rigor histórico en una reconstrucción virtual, buscando si esta guarda relación con los niveles de detalle. Se recogieron los siguientes resultados:

Figura 71. La segunda imagen es, históricamente, más rigurosa que la primera.



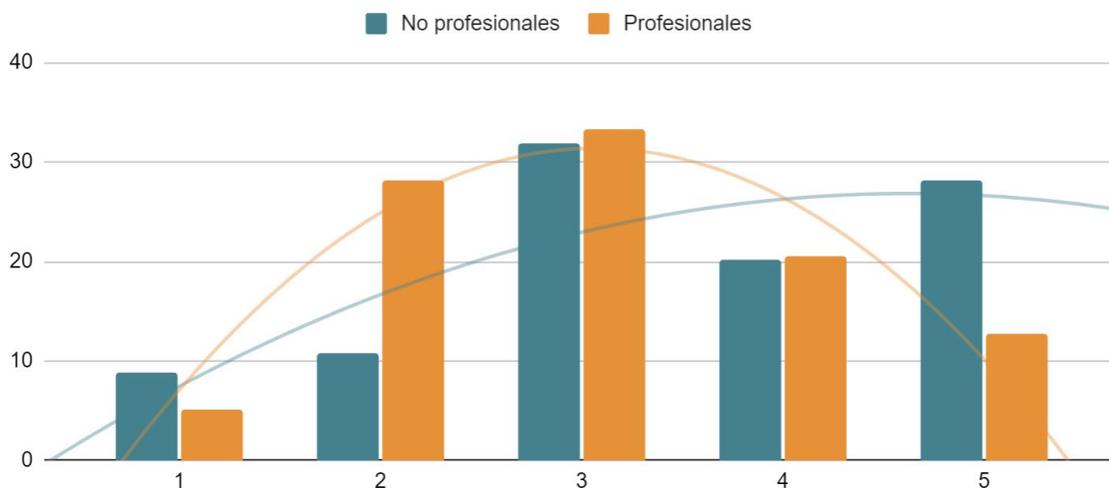
Fuente: elaboración propia.

En este caso, las respuestas están más distribuidas, mostrando valoraciones más neutras, aunque sigue habiendo una prevalencia en las puntuaciones más altas, con una media de 3,43. Estos datos apuntan a que los encuestados y, por tanto, los receptores de proyectos de reconstrucción virtual identifican el rigor histórico un nivel de detalle más alto. Como se ha detallado en el estado de la cuestión, el aumento del nivel de detalle implica, necesariamente, que

también incremente la conjetura y, por tanto, disminuya el rigor histórico. Las respuestas a estas cuestiones plantean un escenario delicado, ya que puede que el nivel de detalle aumente el realismo visual y sea el realismo visual el que es confundido con la realidad histórica. Esto implicaría que la propia disciplina de la RVP tiene una mayor responsabilidad para con la historia. Si se generan cada vez más reconstrucciones hiperrealistas, más se tomarán, por parte de la población, como verdades inexorables, pudiendo hacer que las inexactitudes generadas en el proceso de toma de decisiones históricas se perpetúen.

Para comprobar estos resultados, se ha generado una gráfica seleccionando únicamente las personas cuya profesión u ocupación están ligadas al patrimonio:

Figura 72. “La segunda imagen es, históricamente, más rigurosa que la primera” comparando profesionales y no profesionales del patrimonio cultural.



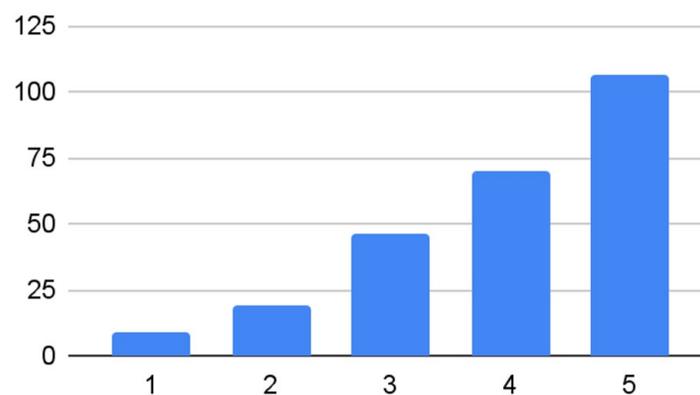
Fuente: elaboración propia.

Las valoraciones presentan un desvío a puntuaciones más bajas frente al grupo principal, con una media de 3,07. En este caso parece que los encuestados no atribuyen tanto el rigor histórico al alto nivel de detalle, lo cual puede deberse a que, por sus conocimientos o experiencia, tengan más capacidad para comprender que una representación gráfica de un bien patrimonial desaparecido no es más realista históricamente al serlo visualmente. Que haya una diferencia significativa entre el muestreo general y este subconjunto ratifica que el público general tiene una

predisposición hacia las reconstrucciones virtuales con alto nivel de detalle y esto les hace más vulnerables ante la expansión de ciertas inexactitudes históricas camufladas bajo el realismo visual.

La siguiente cuestión planteaba explorar una de las posibles ventajas de la simplicidad de los bajos niveles de detalle: su previsible capacidad para transmitir de una manera más clara la morfología de un trazado urbano:

Figura 73. La segunda imagen ayuda a comprender mejor cómo era Vitoria-Gasteiz en la Edad Media.



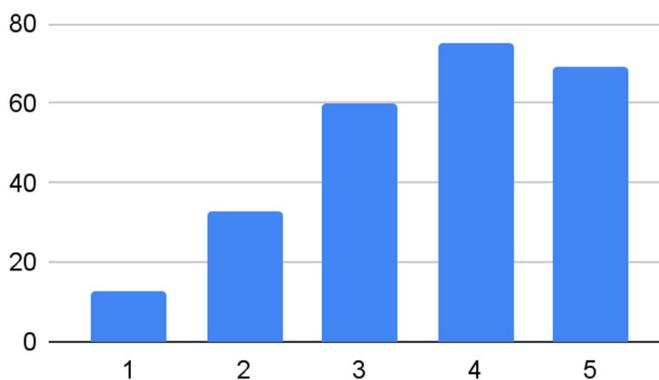
Fuente: elaboración propia.

Parece que, en este caso, la hipótesis no concuerda con los resultados de este experimento. Al contrario de lo esperado, los encuestados responden mayoritariamente que el nivel de detalle más alto les ayuda a comprender mejor cómo era la villa en la época medieval. En este aspecto, no se debería dar por sentado que esta situación sea así en todos los casos, ya que, como señalaron los participantes del grupo focal, los bajos niveles de detalle posibilitan acabados estéticos que favorecen el atractivo visual y el contraste de elementos lo que, a su vez, facilita remarcar la morfología urbana.

Esta respuesta inesperada genera una nueva línea de investigación, basada en el uso como variable de diferentes materiales y acabados para medir su influencia en la percepción de los espectadores.

Por otra parte, la respuesta esclarece una de las cuestiones que se pretendían evaluar a través de este método cuantitativo: la sensación de aprendizaje del público objetivo. No se puede medir el impacto de los niveles de detalle en el aprendizaje con este método de investigación, pero sí que se puede obtener la opinión de los encuestados sobre cómo creen que esta variable ha influido en su capacidad de comprensión. Estos resultados apuntan a que un mayor nivel de detalle favorece la comprensión del pasado, pero para asegurar esta afirmación, se pasará a contrastar estos datos con los obtenidos en otros enunciados. Estos resultados pueden ser matizables a partir del siguiente enunciado planteado en la encuesta:

Figura 74. La primera imagen tiene suficiente detalle como para utilizarse para divulgar el pasado.



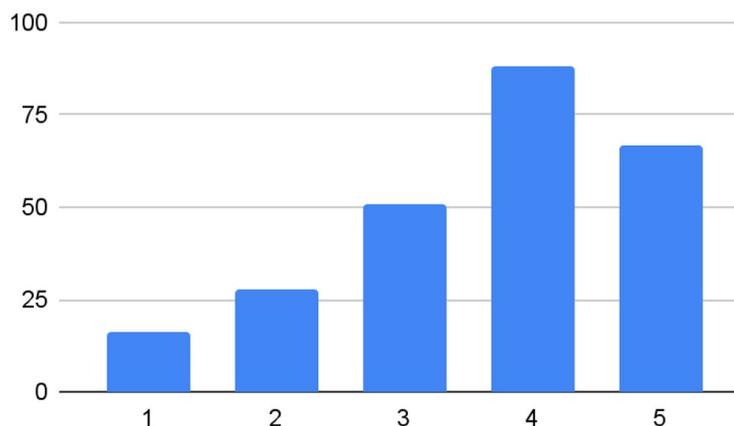
Fuente: elaboración propia.

Parece que, aunque los encuestados mayoritariamente prefieren niveles de detalle alto, también reconocen que la imagen con bajo nivel de detalle podría utilizarse para divulgar la historia y el patrimonio, con una valoración media de 3,6. Esto puede conectarse a las opiniones recogidas en el grupo focal: en la medida de lo posible hay que buscar siempre trabajar en niveles

altos pero, si las circunstancias lo impiden, los niveles de detalle reducidos pueden servir, tanto desde la perspectiva de los desarrolladores como de los consumidores.

Los siguientes enunciados que debían ser valorados por los encuestados hacían referencia a otro de los condicionantes de la tríada: la financiación. Los proyectos de reconstrucción virtual del patrimonio tienden a ser sufragados con fondos públicos, y, por tanto, por la ciudadanía, a través de sus impuestos. Este hecho supone que la opinión de los receptores de la información debería tenerse en cuenta a la hora de elegir qué nivel de detalle usar en una reconstrucción virtual. En este bloque, se presentaron los siguientes enunciados con este texto de presentación: “Teniendo en cuenta que el coste de la versión con más detalle (segunda imagen) puede llegar a suponer cuatro veces más que la primera imagen:”

Figura 75. ¿Merece la pena la diferencia en el coste teniendo en cuenta el resultado?



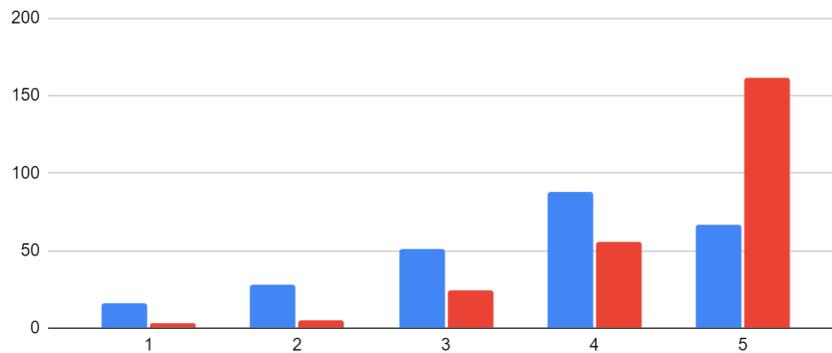
Fuente: elaboración propia

Con una media de 3,64, los encuestados parecen decantarse por la conveniencia de realizar modelos en alto nivel de detalle, aunque esto suponga una dedicación en tiempo cuatro veces superior a un detalle más reducido. Un 62% optó por una valoración de 4 o 5, por lo que, aunque estos resultados tienden de una manera menos positiva a la valoración más alta que en los

enunciados anteriores, sigue habiendo una mayoría clara del público con preferencia por el alto nivel de detalle.

Estos datos son significativos, pero al compararlos con el enunciado en el que se pedía la opinión sobre el atractivo visual se percibe una diferencia:

Figura 76. ¿Merece la pena la diferencia en el coste teniendo en cuenta el resultado? en azul y “La segunda imagen es más atractiva que la primera” en rojo.



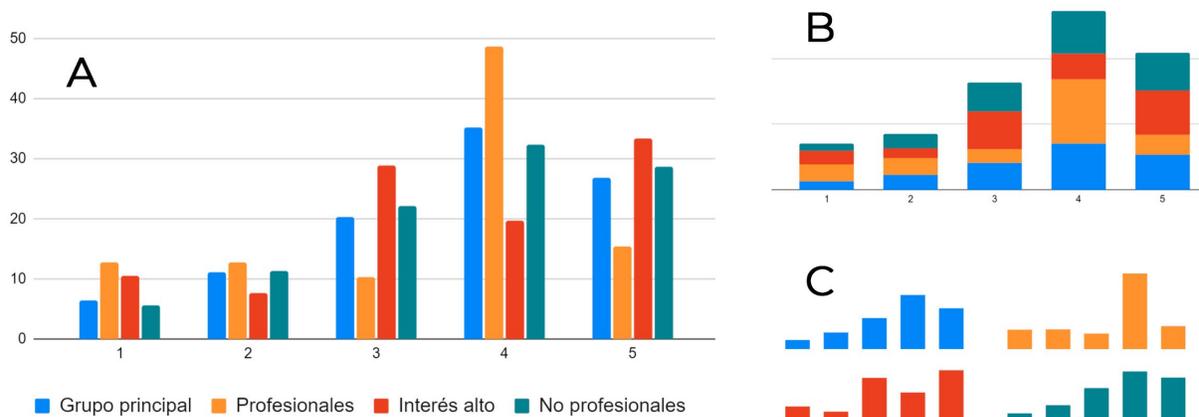
Fuente: elaboración propia.

Los usuarios sustentan con firmeza que el nivel de detalle alto es más atractivo pero sus evaluaciones se neutralizan cuando valoran los recursos necesarios para desarrollar modelos con esta definición. Esta circunstancia revela una posible situación conflictiva: los profesionales que participaron en el grupo focal señalaron que su preferencia personal es siempre llegar al máximo nivel de detalle posible, a la vez que argumentaban que existe una falta de financiación en este sector, mientras que el público parece indicar que sí que prefiere un alto nivel de detalle pero que esta preferencia se reduce al tener en cuenta el coste de recursos.

Para comprobar si existe un sesgo profesional al respecto, aquí se exponen los resultados presentados por varios subgrupos comparados con el total: personas cuya profesión está, o no,

relacionada con el patrimonio histórico y personas que han valorado su interés en el patrimonio cultural como muy alto:

Figura 77. ¿Merece la pena la diferencia en el coste teniendo en cuenta el resultado?, mostrados en un porcentaje sobre el total de las valoraciones en cada subgrupo.



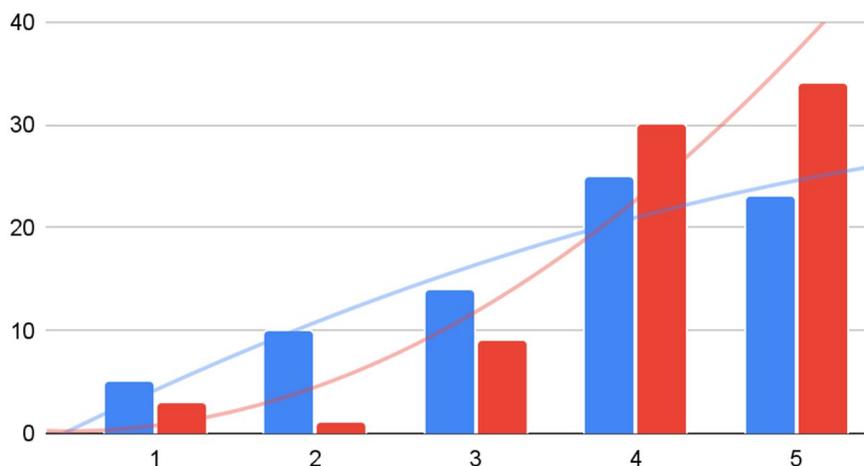
Nota: Valoraciones porcentuales de cada subgrupo frente al total de sus individuos (A). Valoraciones porcentuales de cada subgrupo apiladas sobre cada una de las valoraciones (B). Sección de cada subgrupo de la gráfica B para facilitar la visualización de sus valoraciones (C). Fuente: elaboración propia.

Parece que la valoración de algunos subgrupos presenta diferencias frente al total de los encuestados. Las personas cuya profesión está relacionada con el patrimonio concentran sus valoraciones en un cuatro, siendo también significativamente inferiores sus valoraciones en un tres y un cinco frente al muestreo total. Esto podría significar que este público se divide entre los que tienen una postura clara a favor de la reconstrucción virtual del patrimonio como herramienta, en detrimento de los que su posición al respecto no es tan positiva. Para determinar si estos datos definen una postura sobre la RVP se filtrarán las votaciones más positivas y negativas de este subgrupo para contrastarlas con otros enunciados.

Esta cuestión partía de una valoración un tanto subjetiva y ambigua, ya que los encuestados no tenían por qué generar una vinculación directa entre el esfuerzo que conlleva aumentar el detalle de una reconstrucción y su financiación. Teniendo en cuenta que esta financiación suele ser pública y, por tanto, sufragada por la misma ciudadanía a la cual pertenecen los encuestados, el siguiente

enunciado buscaba comprobar si esta valoración se veía influida por la variable financiación. Para comprobar si este nuevo enunciado esclarece la interpretación, a continuación, se muestran en la misma gráfica las valoraciones del enunciado: “¿Merece la pena la diferencia en el coste teniendo en cuenta el resultado?” con “Estoy de acuerdo con realizar proyectos de reconstrucción virtual aunque suponga un mayor coste para la Administración Pública”.

Figura 78. Comparativa entre “¿Merece la pena la diferencia en el coste teniendo en cuenta el resultado?” (en azul) y “Estoy de acuerdo con realizar proyectos de reconstrucción virtual, aunque suponga un mayor coste para la Administración Pública” (en rojo).



Nota: Para favorecer la visualización de la diferencia se han añadido líneas de tendencia. Fuente: elaboración propia.

Se esperaba que ambas gráficas fuesen similares, incluso, que la segunda presentase valoraciones inferiores al añadir una vinculación entre la financiación pública y su vinculación con los encuestados, pero parece que los visitantes prefieren el alto nivel de detalle, aunque esto signifique una inversión mayor por parte de la Administración Pública. Esta respuesta sí que va en sintonía con las reflexiones extraídas del análisis cualitativo y permiten afirmar que tanto los profesionales como el público prefieren reconstrucciones virtuales en alto nivel de detalle, aunque su coste sea cuatro veces superior a los bajos niveles de detalle.

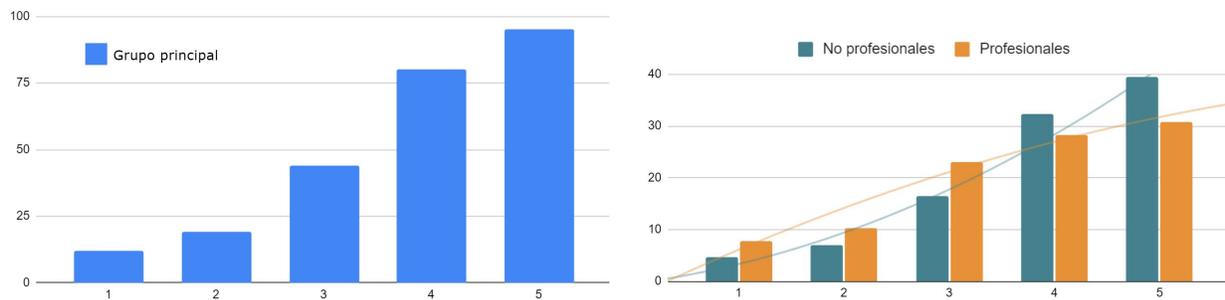
El siguiente bloque de la encuesta ofrecía este texto como contexto para las siguientes cuestiones:

“Los proyectos de reconstrucción virtual, como este, se deben basar en un proceso de documentación muy sólido para garantizar su rigor histórico. En los casos en los que no hay suficiente información, se puede optar por: mostrar solo la parte de la que se tiene información, realizar una hipótesis conjetural sobre cómo podía haber sido lo que no se sabe cómo era o, directamente, no realizar una reconstrucción. Teniendo en cuenta esto, valore su conformidad con los siguientes enunciados.”

Este bloque busca conocer la opinión de este muestreo representativo del público objetivo de la RVP sobre otro de los condicionantes: la disposición de información y, en concreto, sobre el proceso de conjetura. La deontología sobre la representación del patrimonio perdido está ampliamente estudiada y se cuenta con una representación de la opinión de los desarrolladores de proyectos de RVP extraída del grupo focal, pero es importante, también, conocer qué opina el público objetivo de estas reconstrucciones y su grado de rigor histórico.

El primer enunciado estaba planteado de tal manera que la respuesta resultase por sí sola esclarecedora:

Figura 79. Es mejor una reconstrucción, aunque sea conjetural, a que no exista ninguna.



Nota: a la izquierda resultados absolutos del grupo principal. A la derecha comparativa porcentual de los subgrupos profesionales y no profesionales. Fuente: elaboración propia.

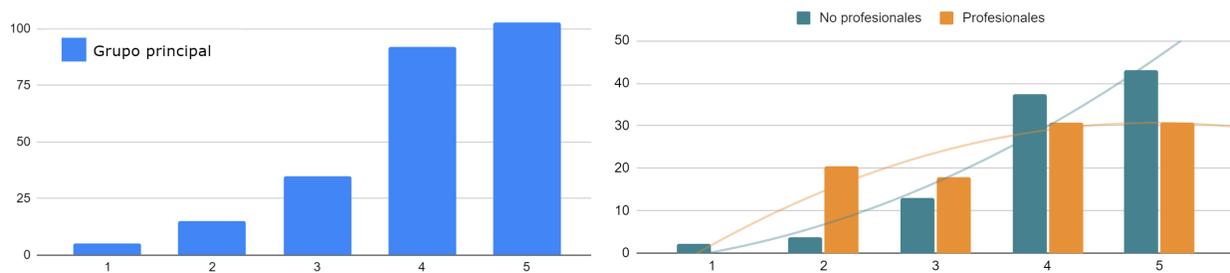
Ya en este punto, sin tener más información, los encuestados valoraron con una media de un 3,9 esta afirmación. El gráfico muestra la conformidad con este enunciado, que deberá ser matizada a partir del análisis de las cuestiones siguientes. Si no hay información para hacer una

reconstrucción virtual con rigor existen, como se recogió en el grupo focal, tres posibilidades: no hacerlo, hacerlo con bajo nivel de detalle o tomarse licencias que queden recogidas de manera transparente a la hora de mostrar los resultados. La respuesta a este enunciado por parte del público objetivo ayuda a esclarecer esta situación, desestimando la opción de no hacer un proyecto ya que los encuestados aceptan la conjetura en la representación del patrimonio. Tras este resultado, quedaría pendiente por determinar en qué casos sí que la información sería insuficiente incluso para plantear una reconstrucción conjetural.

Las valoraciones en esta cuestión tienen una tendencia marcada en el grupo principal, pero se puede percibir cierta diferencia en la opinión de los subgrupos de profesionales y no profesionales del patrimonio cultural. Las evaluaciones de los profesionales tienen una distribución similar al grupo principal, pero se puede observar que tienden a puntuaciones más bajas, siendo bastante superior el porcentaje de profesionales que evaluaron este enunciado con un 1 o un 2. Las valoraciones en este subgrupo se neutralizan levemente, bajando la media de 3,9, en el muestreo total a 3,6 en este subgrupo. Parece de nuevo que los profesionales, debido a sus conocimientos o experiencia, muestran más reticencia que el público global a la posible falta de rigor histórico en la representación del patrimonio.

La propia pregunta, al incluir una valoración con los términos “es mejor”, puede generar respuestas categóricas, polarizando la disposición de información entre mucha y poca, siendo esto un espectro amplio. Para matizar este resultado se planteó la siguiente afirmación, centrando la cuestión en los niveles de detalle:

Figura 80. Si no se tiene suficiente información se debería desarrollar, al menos, una versión con menos detalle para que se pueda comprender un entorno histórico.

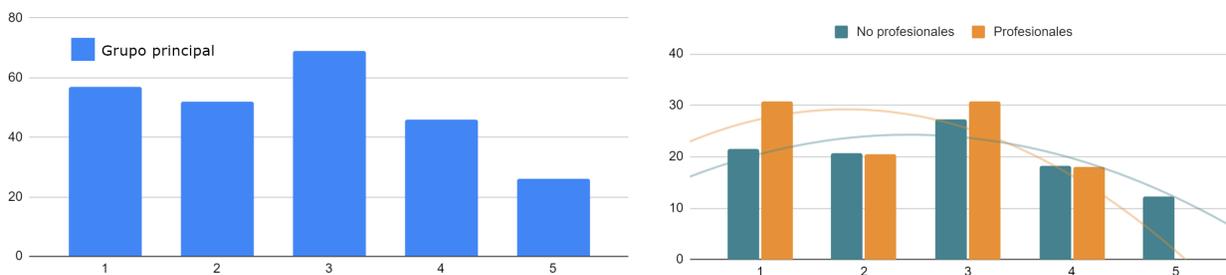


Nota: a la izquierda resultados absolutos del grupo principal. A la derecha comparativa porcentual de los subgrupos profesionales y no profesionales. Fuente: elaboración propia.

Un porcentaje alto de los encuestados había evaluado favorablemente el bajo nivel de detalle como suficiente para la divulgación histórica, y, con esta nueva cuestión, parece que se muestran a favor (con una media de 4, reduciéndose a 3,7 en el subgrupo de profesionales del patrimonio) de que realizar un modelo en bajo nivel de detalle puede ser una solución para estos casos, confirmando una de las opciones extraídas del grupo focal. La respuesta presenta una tendencia más neutral en el subgrupo de profesionales del patrimonio cultural, cuyas valoraciones son similares a la cuestión anterior. El porcentaje de evaluaciones registradas en un 4 y un 5 permanecen en una evaluación casi idéntica que la anterior, y se observan un desplazamiento de las valoraciones 1 al 2. Podría entenderse esto como que los profesionales que prefieren que no se realice una reconstrucción cuando no hay suficiente información estén un poco más de acuerdo en que, si se hace, sea en bajo nivel de detalle.

Por tanto, tanto el análisis cuantitativo como el cualitativo coinciden en que, si hay una información escasa como base para un proyecto de RVP, se puede realizar con bajo nivel de detalle, quedando por confirmar si se puede realizar con más detalle incrementando el proceso de conjetura. Para esto, se planteó la siguiente cuestión:

Figura 81. Una reconstrucción detallada puede tener licencias históricas, aunque haya que inventarse información para poder atraer al público hacia el patrimonio.



Nota: a la izquierda resultados absolutos del grupo principal. A la derecha comparativa porcentual de los subgrupos profesionales y no profesionales. Fuente: elaboración propia.

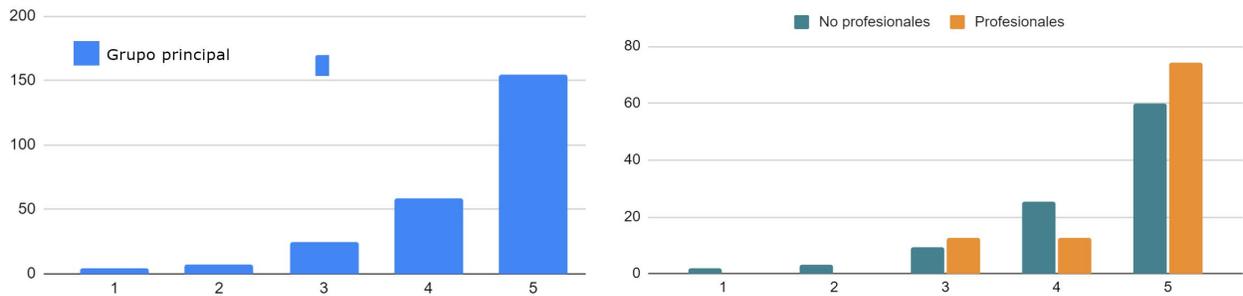
En este enunciado se observa un claro cambio de tendencia, bajando la media a 2,72 y aún más entre el subgrupo de las personas cuya ocupación está relacionada con el patrimonio (2,35). En el grupo principal la segunda puntuación más frecuente fue un 1, demostrando la rotunda disconformidad de los encuestados con este enunciado. Esto es aún más llamativo en el caso del subgrupo de profesionales, en el que la respuesta más frecuente fue un 1 y ningún individuo eligió la evaluación máxima.

Puede que la inclusión de la expresión “inventarse información” sea la responsable, por tener, quizá, una connotación un tanto negativa. Se eligió específicamente esta terminología para transmitir la cuestión desde un lenguaje más coloquial que no entrase en tecnicismos de la RVP.

Para encontrar una respuesta a esta disconformidad habría que buscar paralelismos en otras disciplinas en las que se represente, de algún modo, el pasado, siendo una de las que más repercusión social tiene es la cinematografía. En la ficción audiovisual existen, también, cuestiones deontológicas sobre cómo representar el pasado sin distorsionar la realidad o generar nuevas narrativas históricas, pero en este ámbito las licencias son, necesariamente, mucho más flexibles que en cualquier tipo de trabajo académico. Los productores de cine y ficción audiovisual han tenido una larga lista de casos en los que, directamente, se ha manipulado la historia para favorecer un relato político, se han añadido contenidos demasiado fantasiosos para hacer la trama más atractiva, se ha mezclado historia con leyenda o, sencillamente, no se ha realizado una verificación histórica adecuada (Carnes, 1995). En una disciplina tan socialmente asentada como el cine, cada película o contenido de ficción que ha tomado demasiadas libertades ha podido ir generando espectadores críticos que son más sensibles ante un tratamiento inadecuado de la historia. Esta sensibilidad puede haberse trasladado al público de la RVP.

Sin embargo, los resultados de la anterior pregunta “Es mejor una reconstrucción, aunque sea conjetural, a que no exista ninguna” cuya valoración fue considerablemente más positiva, podría ser indicativa. Quizá la diferencia en la valoración guarde más relevancia con la terminología empleada, en cuanto al contraste semántico entre “inventar” y “conjeturar”. Para aclarar este aspecto, aquí se exponen los resultados de la siguiente cuestión:

Figura 82. Los expertos en historia y arqueología son los que tienen que tomar la decisión sobre qué hacer en estos casos.



Nota: a la izquierda resultados absolutos del grupo principal. A la derecha comparativa porcentual de los subgrupos profesionales y no profesionales. Fuente: elaboración propia.

Parece que los encuestados no quieren recibir contenidos con poco rigor histórico, pero están abiertos a que se realice una reconstrucción virtual con alto nivel de detalle siempre que las decisiones dependan de los especialistas. Este gráfico confirma, entonces, una conclusión que se esbozaba entre los anteriores apartados, tanto del análisis cualitativo como el cuantitativo: los profesionales y el público están de acuerdo en que prefieren un nivel de detalle alto y que la conjetura, de haberla, debe ser responsabilidad de los especialistas en la materia. Así, se podría afirmar que la decisión de si es suficiente la información disponible para realizar una reconstrucción virtual de un núcleo urbano histórico recaerá en los especialistas, siendo estos quienes decidan si es mejor elegir un nivel de detalle reducido, o bien, alto, siempre que se garantice la transparencia en el proceso de conjetura.

El siguiente bloque de preguntas añadía una nueva variable a la ecuación: el encuadre a la hora de decidir un nivel de detalle y su idoneidad para según qué proyectos. Cuanto más se acerque el punto de vista del espectador con respecto al modelo 3D, previsiblemente, más acuciante será la diferencia en el nivel de detalle.

En primer lugar, se pedía a los encuestados que se fijasen en estas imágenes:

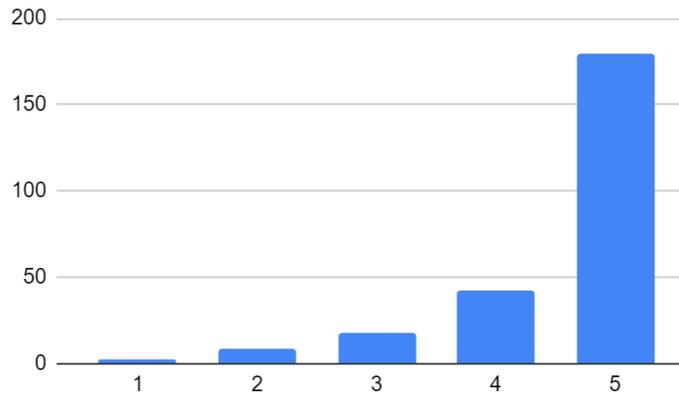
Figura 83. Imágenes de la reconstrucción virtual de los niveles de detalle 1 y 3 con un encuadre recortado desde la vista general, generando un efecto de teleobjetivo, sin distorsionar la imagen.



Fuente: elaboración propia.

La siguiente serie de enunciados estaban planteados para profundizar en la nueva variable “distancia”. La primera pregunta serviría como punto de partida para interpretar las siguientes:

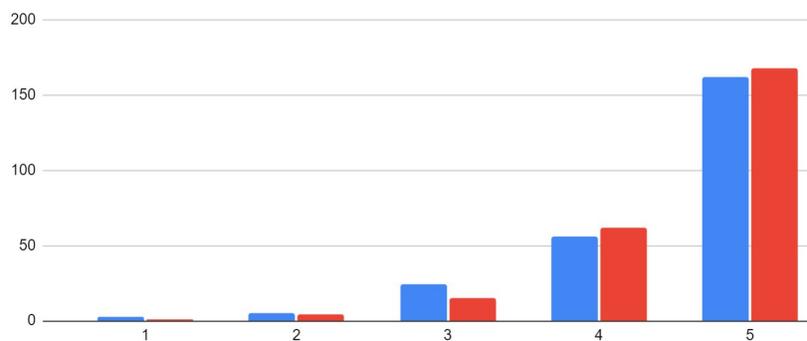
Figura 84. A esta distancia es más perceptible la diferencia entre ambas imágenes.



Fuente: elaboración propia.

La respuesta, aunque previsible, es rotunda. Los encuestados presentaban un acuerdo casi unánime en la perceptible diferencia entre ambas imágenes, con una votación media de 4,56. La diferencia entre ambos niveles de detalle es perceptible según las pautas de esta prueba (imagen fija impresa con un tamaño de 16 cm. de ancho) y cuanto más se acerca la cámara más perceptible es esta diferencia. Esto abre una nueva línea de investigación focalizada en explorar la distancia y su relación en la percepción del nivel de detalle visual. Para esto habría que diseñar una serie de experimentos cambiando la distancia del punto de vista en los *renders*, el tamaño del soporte de visualización y la distancia a la que el público observa las imágenes. En la siguiente cuestión se contrastó el atractivo visual con la distancia de visionado y el nivel de detalle:

Figura 85. La segunda imagen es más atractiva que la primera.

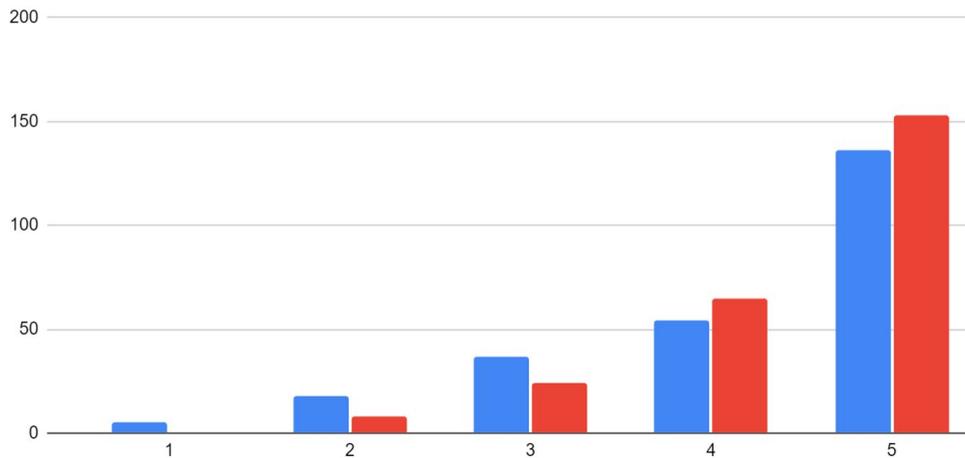


Nota: Respuestas de la misma pregunta en el primer bloque (en azul) y del segundo (en rojo). Fuente: elaboración propia.

El atractivo visual sigue estando relacionado, según estos resultados, con el aumento del nivel de detalle, el cual, es más perceptible entre estas dos imágenes, ratificando los resultados del primer bloque de la encuesta ya que las evaluaciones son incluso ligeramente superiores. En este caso, todas las variables son de control salvo el nivel de detalle y distancia, que, realmente, están interrelacionadas ya que con el aumento de la variable distancia puede llegar a no ser perceptible las diferencias entre los niveles de detalle.

La siguiente cuestión explora, de nuevo, si el nivel de detalle reducido puede tener como ventaja favorecer la comprensión del conjunto urbano.

Figura 86. La segunda imagen es más clara y comprensible que la primera, comparando los resultados del mismo enunciado, pero modificando la distancia de visionado.



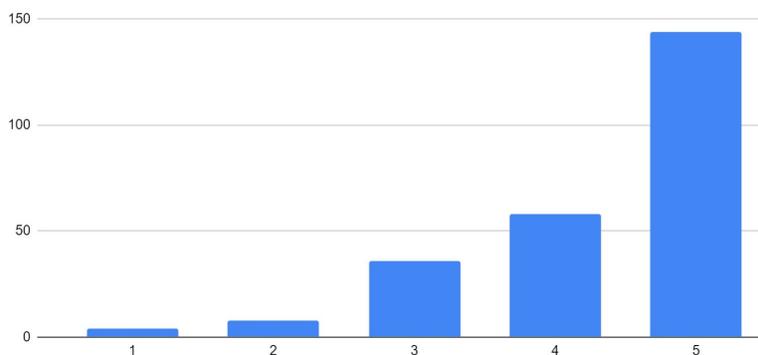
Nota: Respuestas del primer bloque (en azul) y del segundo (en rojo). Fuente: elaboración propia.

Esta valoración se había propuesto a los encuestados en el primer bloque, con una distancia mayor entre el punto de vista y el modelo. Con una media de 4,19 el público estaba de acuerdo con que el nivel de detalle aumenta la capacidad de comprensión. Al reducir la distancia aumenta levemente la media de las valoraciones, llegando al 4,56. Parece que, si es más notable la diferencia visual entre ambos niveles de detalle, aumenta su claridad. Aquí se abre otra línea de investigación,

en la que se puede explorar esta posible ventaja modificando la estética del acabado visual, como proponían varios de los profesionales en el grupo focal.

En el siguiente enunciado se pretendía conocer la opinión de los encuestados sobre el realismo visual del nivel de detalle con el que se realizó la segunda de las imágenes (según la escala propuesta en el estado de la cuestión de esta tesis doctoral, este modelo se realizó en un nivel 3 sobre 4 posibles). En esta comparación de imágenes, la vista estaba más cercana al modelo 3D y, por tanto, se aprecian mejor los detalles del modelo, lo que podría conllevar que el acabado no sea visualmente realista. Según los datos recogidos:

Figura 87. La segunda imagen es visualmente realista.

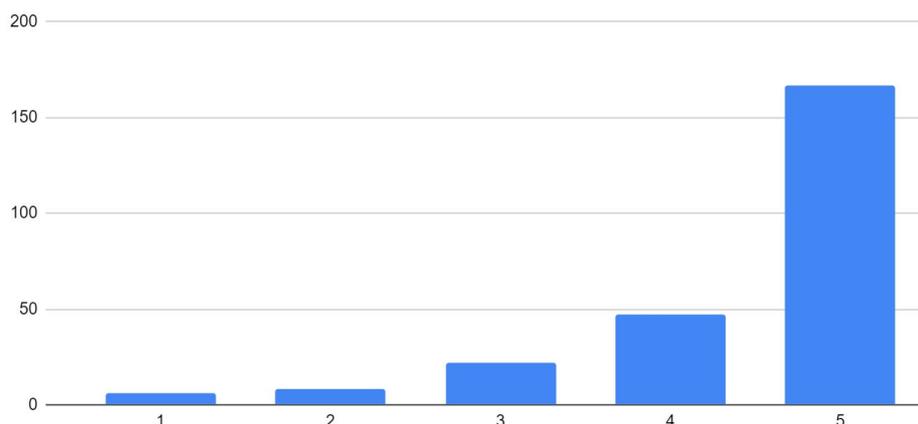


Fuente: elaboración propia.

Los encuestados opinan que la imagen es realista, habiendo solo unos pocos casos con valoración neutra o negativa. Esto confirma la definición de nivel de detalle que se ha hecho para el estado de la cuestión de esta tesis doctoral, ya que se planteaba como el nivel que puede utilizarse para vistas parciales de un núcleo urbano, pero desde cierta altura.

La siguiente cuestión aprovecha que, siendo este punto de vista más cercano que en las primeras imágenes de la encuesta, los participantes podrían apreciar mejor los detalles, lo cual, podría repercutir en la curiosidad que sienten hacia la imagen, que es una forma indirecta de interpretar las capacidades didácticas de una reconstrucción virtual.

Figura 88. La segunda imagen despierta más mi curiosidad que la primera.

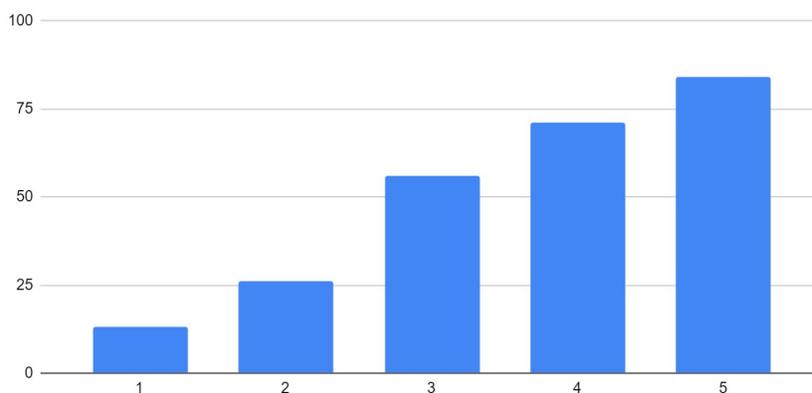


Fuente: elaboración propia.

De nuevo la respuesta es rotunda, con una valoración media de 4.75. Parece que los usuarios no solo encuentran más atractivas las imágenes con más detalle, sino que despiertan más su curiosidad, lo que podría estimularlos a tener una actitud activa y positiva hacia el aprendizaje.

Por último, el último enunciado propuesto para la evaluación de los encuestados fue para valorar si, aunque prefiriesen un nivel de detalle más alto, creían que los niveles de detalle más esquemáticos pueden ser utilizados para la divulgación del patrimonio:

Figura 89. La primera imagen es suficiente para comprender y valorar el patrimonio desaparecido.



Fuente: elaboración propia.

En este caso, los resultados no son tan determinantes como en otras opiniones de los encuestados, pero la valoración sigue siendo positiva (media de 3,7), aún más entre los participantes cuya ocupación está relacionada con el patrimonio cultural, con una media de 3,87. Esto confirma que la decisión sobre qué nivel de detalle utilizar es compleja y debe estar sujeta a diferentes factores, ya que tanto los desarrolladores como el público prefieren alto nivel de detalle pero admiten las posibilidades de los niveles de detalle reducidos.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de este análisis mixto se plantea una ecuación de partida para las conclusiones de este estudio: el mayor nivel de detalle es más atractivo y aporta más información, mientras que los niveles inferiores requieren menos financiación y documentación histórica. Según este enunciado, se pasa a desglosar interpretaciones de los resultados de la medición mixta.

5.4 Aplicación de los niveles de detalle en reconstrucción virtual de núcleos urbanos según la tríada de condicionantes.

Estos resultados permiten el planteamiento de cuáles son las ventajas y desventajas de cada nivel de detalle en la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos:

5.4.1 Nivel de detalle 1: volúmenes simples

Este nivel de detalle es el que requiere menos dedicación de recursos y menos conocimientos técnicos para su desarrollo, a la vez que puede fundamentarse en una documentación histórica más escasa. La interpretación de los resultados de esta tesis permite defender que este formato se adapta a las restricciones de uno o varios condicionantes de la tríada:

- Disposición de información

Los modelos englobados en esta categorización requieren exponencialmente menos información que el resto de niveles. El grado de sintetización de este nivel de detalle lo separa del fotorrealismo, por lo que el público objetivo comprende que es una propuesta esquemática. De este modo, existe un mayor grado de flexibilidad en las licencias que se pueden tomar a la hora de realizar la fase de implementación, y se requieren menos datos y revisión documental para la representación detallada de estructuras y elementos constructivos de carácter secundario. Como se puede apreciar en la siguiente figura, este nivel de detalle permite, además, mostrar de manera simultánea el acabado final de la reconstrucción virtual con una escala de evidencia arqueológica como las propuestas por los participantes del grupo focal.

Figura 90. Reconstrucción virtual de Palacios de la Sierra en el s.XI en nivel de detalle de volúmenes simples.



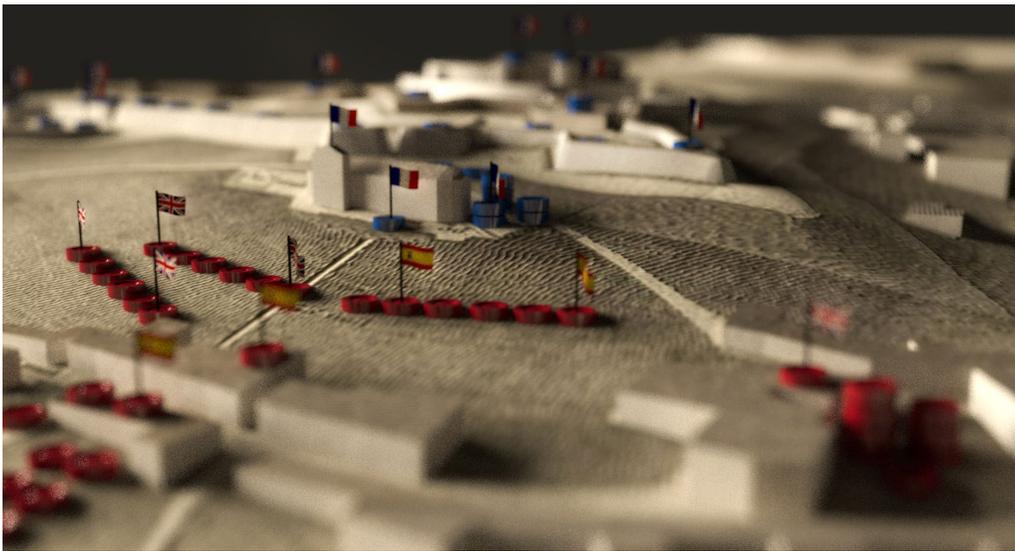
Fuente: elaboración propia.

- Recursos humanos

La habilidad técnica en modelado 3D necesaria para realizar reconstrucciones en este nivel de detalle es limitada. Usuarios con poca experiencia en modelado y texturizado, pero con los conocimientos oportunos sobre un núcleo urbano histórico, o bien, dirigidos por alguien que los

tenga, pueden llevar a cabo reconstrucciones que sean útiles para la divulgación. Eso sí, como apuntaron los participantes del grupo focal, este nivel de detalle requiere, para considerarse profesional, un acabado estético que debe ser generado por especialistas en arte digital, ya que la libertad creativa inherente a la simplificación de volúmenes conlleva la necesidad de un remate artístico que requiere de la habilidad de especialistas.

Figura 91. Reconstrucción virtual del Castillo de Burgos en el s.XIX en nivel de detalle 1.



Nota: el acabado estético está basado en patrones de sombreado habituales en cartografía, rematado por piezas cilíndricas que representan pelotones en una batalla. Fuente: elaboración propia.

- Financiación

Los otros dos elementos de la tríada de condicionantes implican que, dedicando menos tiempo al desarrollo, y pudiendo contar con personal menos especializado, el nivel de detalle 1 requiere una financiación considerablemente inferior a los realizados con más resolución.

Las reconstrucciones basadas en volúmenes simples se diferencian notablemente del resto de categorías en que, por definición, no pretenden representar la realidad con fidelidad, sino que muestran una esquematización que está tan simplificada que acaba siendo una recodificación visual (Borra, 2000). Los volúmenes simples no simulan la realidad, sino que la representan, lo

que aporta una capacidad semiótica especial. El propio hecho de que sea una recodificación permite que esa distorsión de la realidad, para su simplificación, se pueda orientar desde diferentes perspectivas estéticas y conceptuales, pudiendo adecuar el estilo de la reconstrucción virtual a los requisitos de cada proyecto. En este aspecto, los encuestados parecían no mostrar acuerdo en que el nivel de detalle inferior facilitase la comprensión de un entorno urbano, pero los participantes del grupo focal sugirieron que según la estética que se usase, los niveles más esquemáticos podían favorecer esta comprensión precisamente a través de la síntesis de información. Esta contradicción podría guardar relación con el uso del texturizado e iluminación como variable de control: el modelo volumétrico, al ser texturizado con imágenes similares al que tenía más detalle, perdía su capacidad semiótica. Por tanto, y tal y como aconsejaban los especialistas del grupo focal, el nivel de detalle de volúmenes simples requiere un acabado artístico que compense el resultado visual de niveles de detalle con más resolución.

Otro factor que se apuntó en el grupo focal fue la alta influencia del tiempo que se dispone para realizar una reconstrucción virtual. En los casos en los que el tiempo sea limitado, debido a la razón que sea, el proceso de documentación y conjetura puede no ser realizado con garantías, por lo que el nivel de detalle a partir de volúmenes simples puede ser una alternativa frente a la carencia de una representación gráfica.

Es un nivel de detalle que ha demostrado ser útil tanto para los especialistas en RVP como para la sociedad y, aunque ambos grupos prefieren reconstrucciones más realistas, los volúmenes simples siempre serán muy superiores a la ausencia de una reconstrucción virtual. Además, estas reconstrucciones virtuales, al requerir menos financiación, pueden realizarse como complemento narrativo, mostrando una esquematización de un entorno, para favorecer su comprensión, a la vez que se realizan otras reconstrucciones virtuales con más detalle, que sirvan para su visualización en el mismo formato, o bien, a través de la combinación de varios. Esta combinación puede favorecer la eficacia y eficiencia de un proyecto, facilitando que se distribuya el presupuesto de una manera estratégica.

Figura 92. Reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz. Urbanismo del s.XIX en volúmenes simples (izquierda) y Rúa de la Astería en el siglo XII en modelado de alta resolución (derecha).



Nota: ambos modelos forman parte de la misma visita de realidad virtual: el modelado más sintético se utiliza para ubicar a los espectadores y explicar la evolución del entorno mientras que el de alta definición muestra un acercamiento más profundo a la realidad histórica del núcleo urbano. Fuente: elaboración propia.

5.4.2 Nivel de detalle 2: modelado de baja resolución

Las conclusiones extraídas del segundo nivel de detalle son inferidas de los resultados generados a partir de la prueba en la que se utilizaron sendas reconstrucciones virtuales en los niveles de detalle 1 y 3. Se ha considerado que los resultados de este formato pueden ser intermedios, aunque matizando que el primer nivel de detalle tiene la peculiaridad de no buscar el realismo visual. El nivel de detalle 2 sí que busca cierto realismo visual, aunque esto dependerá de la variable distancia, ya que su carencia de definición se compensará con la distancia del visionado. Cuanto más lejano sea el encuadre, menos se percibirá la falta de resolución de los modelos 3D, por lo que es un nivel de detalle óptimo para planos generales en los que el protagonista sea el conjunto urbano y no la suma de sus partes.

El modelado de baja resolución se usará para casos en los que se plantee mostrar una panorámica general de un núcleo urbano sin que se entre en mucho detalle sobre la morfología de los edificios, sus materiales constructivos y otros elementos secundarios, como la población, estructuras efímeras o vegetación.

Figura 93. Reconstrucción virtual de la Legio VII Gemina en el siglo I (León) en modelado de baja resolución.



Nota: puede apreciarse cómo el conjunto urbano, desde un plano general, presenta cierto realismo visual (a la izquierda) mientras que una panorámica más cercana a los edificios (derecha) permite ver que su detalle es reducido. Fuente: elaboración propia.

- Disposición de información

Este nivel de detalle, por sí mismo, podría requerir un proceso de documentación y conjetura más sencillo que en las categorías siguientes, pero el hecho de que se use habitualmente para representar vistas completas de núcleos urbanos presenta una contradicción: la necesidad de tener un conocimiento detallado del trazado completo y la posible dispersión de edificios en el núcleo urbano que se pretende reconstruir indica que se requiere una cantidad significativa de información. En el caso del modelado a partir de volúmenes simples, la falta de información puede ser disimulada a partir de recursos técnicos y estéticos, poniendo el punto de interés en las zonas de las que se dispone más información, pero esto es debido a que este nivel de detalle no tiene pretensiones de fotorrealismo. En el modelado de baja resolución se requerirá un proceso de conjetura extra sobre todas las áreas del núcleo urbano de las que no se tenga información, así como de todo el entorno exterior que llegue a verse según el encuadre desde el que se visualice la reconstrucción.

- Recursos humanos.

Este nivel de detalle sigue, como el anterior, partiendo de geometrías lo suficientemente simples como para que puedan ser desarrolladas por técnicos poco especializados. Curiosamente se da el caso de que, como no se requiere personal específico para aportar un acabado artístico que compense la falta de resolución, este nivel de detalle podría requerir técnicos con menos experiencia y habilidades que el modelado a partir de volúmenes simples. Por otra parte, al tratarse de encuadres más abiertos y previsiblemente con más estructuras, según se avance con el modelado 3D, pueden requerirse más modificaciones y replanteamientos que ralenticen el desarrollo y, por tanto, requieran más recursos humanos en la fase de conjetura y revisión, aunque estos se englobarían en el tiempo necesario y no tanto en la habilidad de los equipos de trabajo.

- Financiación.

Las reconstrucciones virtuales englobadas en este nivel de detalle tenderán a tener un coste reducido en cuanto a su fase de desarrollo técnico, pero necesitarán fundamentarse en un proceso de documentación muy sólido que, para entornos urbanos de cierta envergadura, puede requerir una inversión considerable. Además, la limitación de la resolución de este nivel de detalle implica que, aunque pueda resultar económicamente más asequible que las otras categorías, esté limitado a poder usarse únicamente en vistas generales, sea cual sea el formato de visualización. Esto supone que en los casos en los que se pretenda divulgar un conjunto histórico aportando información más allá de su estructura y trazado urbano se deberá complementar este nivel de detalle con otras reconstrucciones o recursos divulgativos, siendo menos flexible que modelos con una resolución superior.

5.4.3 Nivel de detalle 3: modelado de resolución media

La evaluación cuantitativa permitía establecer la conclusión de que este nivel de detalle llega a ser realista para los espectadores, al menos a la distancia desde la que se generó la vista y en el formato en que se visualizó. En la segunda fase de la encuesta, al modificar la variable

distancia y acercar más la vista al propio modelo se reducía el acuerdo de los encuestados sobre lo realista que llegaba a parecer la escena, pero la media seguía siendo alta. Por tanto, este nivel de detalle, aun exigiendo más recursos técnicos para su desarrollo, permite una mayor flexibilidad de tipos de planos, lo que lo hace muy útil para la generación de audiovisuales.

- Disposición de información

Este nivel de detalle requiere un proceso de documentación, análisis y conjetura más riguroso y, por tanto, más arduo. La cantidad de información necesaria para generar unos resultados realistas a la distancia desde la que se generó la reconstrucción de Vitoria-Gasteiz frente al modelado de volúmenes simples no es medible, debido a la cantidad de factores implicados y la dificultad para evaluar su influencia. No obstante, se ha podido constatar que el salto entre ambos niveles de detalle es cualitativo y considerable en cuanto a los recursos que se necesitan invertir en el proceso de documentación. Además, a partir de la reconstrucción virtual realizada para este estudio, se puede concluir que en los casos en los que existan grandes vacíos de información en amplias zonas de un núcleo urbano se necesitarían un proceso de conjetura tan elevado para poder ser reconstruidos en este nivel de detalle que la fiabilidad de su rigor histórico se reduciría considerablemente.

Figura 94. Reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz en el siglo IX para el documental “Los orígenes de Vitoria-Gasteiz” realizada en nivel de detalle de resolución media.



Fuente: elaboración propia.

- Recursos humanos

La reconstrucción en resolución media requerirá conocimientos más específicos sobre geometría, topología y texturizado que en el nivel 2, ya que se la resolución generada en estos niveles de detalle permitirá distinguir detalles que no alcanzan a observarse en el modelado de baja resolución. Los participantes del grupo focal plantearon, de forma unánime, que existen suficientes profesionales en España que podrían incorporarse al mercado laboral de la RVP pudiendo desarrollar proyectos, al menos, con este nivel de detalle. Esto implica que la disposición de personal con habilidades no debería ser un condicionante negativo a la hora de incentivar la RVP aplicada a la reconstrucción de núcleos urbanos históricos. Por tanto, si se dispone de información y es viable conseguir técnicos especializados, el factor que definirá la realización de modelos en este detalle será la financiación.

- Financiación

La fase de documentación y conjetura para este nivel de detalle, así como el desarrollo, tenderán a ser muy superiores al nivel de detalle 2, lo que incrementará su presupuesto. Eso sí, como se ha mencionado, este formato permite una flexibilidad de planos que podrían implicar que solamente con un modelo pudiese desarrollarse un formato de visualización completo y dinámico. Esto no es posible con el nivel de detalle 2, que solamente es útil para planos muy alejados, ni con el 4, en el que sería un coste ineficiente desarrollar un núcleo urbano completo. Los resultados de la encuesta y el grupo focal permiten asegurar que este nivel de detalle es apropiado para los casos en los que se disponga suficiente información, gestionada por expertos, ya que consigue el suficiente detalle como para garantizar su atractivo visual manteniendo una eficiencia de recursos que permite promover su financiación. Los encuestados, además, parecían mostrar un consenso sobre su preferencia por este nivel de detalle, aunque eso supusiese un mayor desembolso público, que, en último término, acabaría siendo remunerado indirectamente por ellos.

Este nivel de detalle está, por tanto, a medio camino entre las reconstrucciones que pretenden mostrar un conjunto urbano desde una distancia amplia y las que pretenden mostrar un detalle fotorrealista desde la altura de los ojos. En este nivel de detalle se pueden generar tanto

planos abiertos como más cercanos y puede servir para los formatos audiovisuales que no necesiten un planteamiento volumétrico complementario ni vistas a la altura de los ojos.

5.4.4 Nivel de detalle 4: modelado de alta resolución

No se pueden extraer conclusiones directas de este estudio aplicadas al modelado de alta resolución ya que no fue parte de la prueba utilizada tanto para el análisis cuantitativo como el cualitativo. Sin embargo, se pueden inferir unas características relacionadas a partir de lo que se conoce sobre el nivel de detalle 3, el estado de la cuestión y el análisis cualitativo.

El modelado de alta resolución es visualmente realista en encuadres a la altura de los ojos. Este formato es, como se vio en el estado de la cuestión, el más utilizado para visualización en realidad virtual, lo que implica que hay que mantener el detalle a lo largo de toda la reconstrucción para que los usuarios, al desplazarse virtualmente, no perciban que existen cambios de resolución. Por ello, la apreciación de los detalles en estas reconstrucciones será tal que requerirá tanto más habilidad como más tiempo de desarrollo, esto es, financiación, para poder ser desarrolladas.

Estas características permiten inferir que este nivel de detalle no es adecuado para la RVP de núcleos urbanos completos, ya que la cantidad de información y tiempo de desarrollo es tal que el proceso no sería eficiente. Este nivel de detalle es más apropiado para pequeños entornos y espacios que dispongan de una documentación muy sólida, pudiendo ser complementado, dentro del mismo proyecto, con reconstrucciones virtuales en otros niveles de detalle que permitan mostrar el conjunto total del núcleo urbano.

- Disposición de información

Para este nivel de detalle se requerirá un proceso documental muy completo ya que, a diferencia de la anterior categoría, el hecho de que todas las partes de una reconstrucción puedan ser observadas de cerca requerirá una toma de decisiones más precisa que repase cada metro de lo que podía encontrarse en las calles o espacios de un núcleo urbano reconstruido. Tras esta investigación, no se disponen de suficientes datos como para poder comparar, de manera rigurosa,

la diferencia de recursos que se requieren para los niveles 3 y 4 pero, al menos, se cuenta con las aportaciones del grupo focal, en las que los participantes aseguraron que cuanto más aumenta el detalle, más información que se precisa, tanto como punto de partida como conjetural.

- Recursos humanos

Los encuestados aseguraron que el nivel de detalle 3 seguía siendo realista aun acercando la vista a las edificaciones, lo que permite inducir que el nivel de habilidad requerido para lograr este realismo puede ser similar al necesario para realizar modelos más detallados. No en vano, los procesos son bastante similares, aunque cambia la escala de la resolución con la que se trabaja. La diferencia radica no tanto en la habilidad sino en el tiempo que se requiere para realizar entornos completos con este nivel de definición.

- Financiación

El modelado de alta definición fue el menos habitual de los recogidos en el muestreo de casos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos en España, con tan solo un 14%. Este reducido porcentaje puede explicarse por la falta de disposición de información, o bien, de la escasez de financiación. Previsiblemente el tiempo requerido para el desarrollo de estos proyectos es muy elevado, por lo que su financiación será muy costosa en términos de equipamiento y personal.

Los encuestados señalaron que preferían imágenes muy realistas aunque esto supusiese que se tuviese que plantear hipótesis conjeturales, siempre que estas estuviesen avaladas por los expertos. Por su parte, los expertos, esto es, los participantes del grupo focal, señalaron que su preferencia era el fotorrealismo frente a la esquematización, aun en casos en los que la disposición de información implicase que la conjetura fuese elevada. Si los desarrolladores y el público están de acuerdo en su preferencia por el alto nivel de detalle y el grupo focal asegura que existen suficientes profesionales para su desarrollo, se puede concluir que la ausencia de más proyectos de este tipo se debe exclusivamente a la falta de financiación.

5.5 Adecuación del nivel o niveles de detalle a los requisitos de cada proyecto

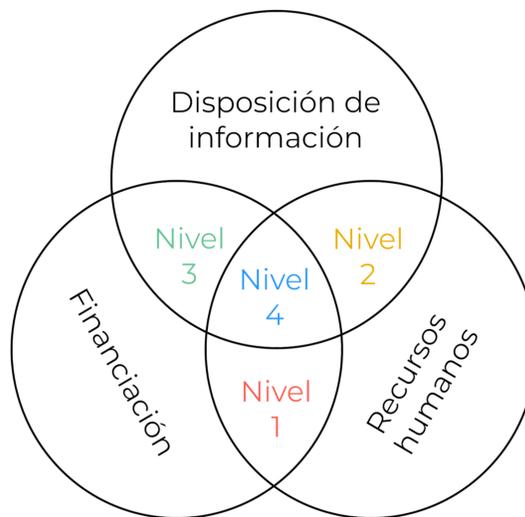
Tras analizar cómo influye la tríada de condicionantes en cada nivel de detalle se pasa a analizar qué niveles de detalle se deben utilizar según los condicionantes que existan, tanto la tríada como otros factores que se han identificado en este estudio. A continuación, se proponen dos guías para facilitar el procedimiento de selección de nivel o niveles de detalle en los proyectos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos.

5.5.1 Nivel de detalle según la tríada de condicionantes

La tríada de condicionantes se tuvo en cuenta tanto para la definición del cuestionario como para presentar cada bloque temático del grupo focal y facilitar el debate.

El primer gráfico generado para definir la tríada de condicionantes partía del análisis de la bibliografía específica y la interpretación de los datos obtenidos a partir del censo de proyectos de RVP realizados en España. Este gráfico ya mostraba la posible interrelación entre los tres condicionantes, pero necesitaba ser corroborado con el análisis cualitativo y cuantitativo para poder aplicarse de manera. El formato de diagrama de Venn es muy ilustrativo pero para transmitir un concepto tan complejo se necesita otro tipo de gráfica.

Figura 95 Primer gráfico que mostraba la conexión entre la tríada de condicionantes y los niveles de detalle.



Fuente: elaboración propia.

Tras interpretar todos los resultados, se ha realizado una síntesis que permita una aplicación práctica, así como una integración en las metodologías que se han propuesto hasta la fecha. Para esto, se plantea la siguiente tabla como resumen del apartado anterior.

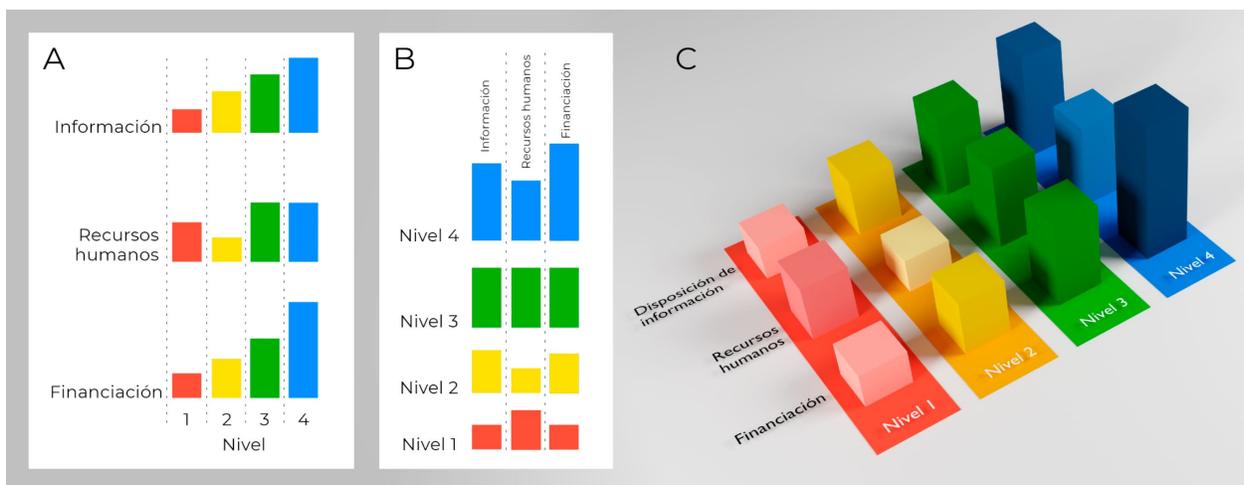
Tabla 2. Correlación entre niveles de detalle y tríada de condicionantes.

	Disposición de información	Recursos Humanos	Financiación
Nivel 1	Muy baja	Baja	Muy baja
Nivel 2	Baja	Muy baja	Baja
Nivel 3	Media	Media	Media
Nivel 4	Alta	Media	Muy alta

Fuente: elaboración propia.

A partir de esta síntesis, se plantea una infografía que representa la convergencia entre los niveles de detalle y cada uno de los elementos de la tríada de condicionantes, facilitando la elección de niveles de detalle según los condicionantes previos que tenga cada proyecto:

Figura 96. Matriz de resultados al combinar la tríada de condicionantes con los niveles de detalle.



Nota: condicionantes y su necesidad según cada nivel de detalle. (A). Niveles de detalle y necesidades de cada condicionante (B). Correlación entre ambas en una gráfica 3D. Fuente: elaboración propia.

La correlación es recíproca. Esta guía visual sirve tanto para comprender la influencia de cada condicionante en cada nivel de detalle como para visualizar las necesidades de cada nivel por separado. Así, se resumen los resultados propuestos en el apartado anterior de una manera visual y práctica, aunque para su correcta interpretación se requiere conocer los resultados propuestos en esta tesis doctoral.

5.5.2 Nivel de detalle según el tamaño, distancia y formato

Tanto en el estado de la cuestión como en el grupo focal se detectaron otros factores que influyen en la RVP, seleccionándose tres para su análisis: tamaño, distancia y formato de visualización. Estos tres factores pueden guardar relación con la adecuación a cada nivel de detalle, más allá de la propia tríada de condicionantes. Estas características no son únicas en la RVP, sino que tendrán influencia en cualquier proyecto de modelado 3D de espacios, como en el ámbito de los videojuegos o la ficción audiovisual, pero su impacto es mayor al relacionarse con los condicionantes específicos de la RVP, sobre todo, la disposición de información.

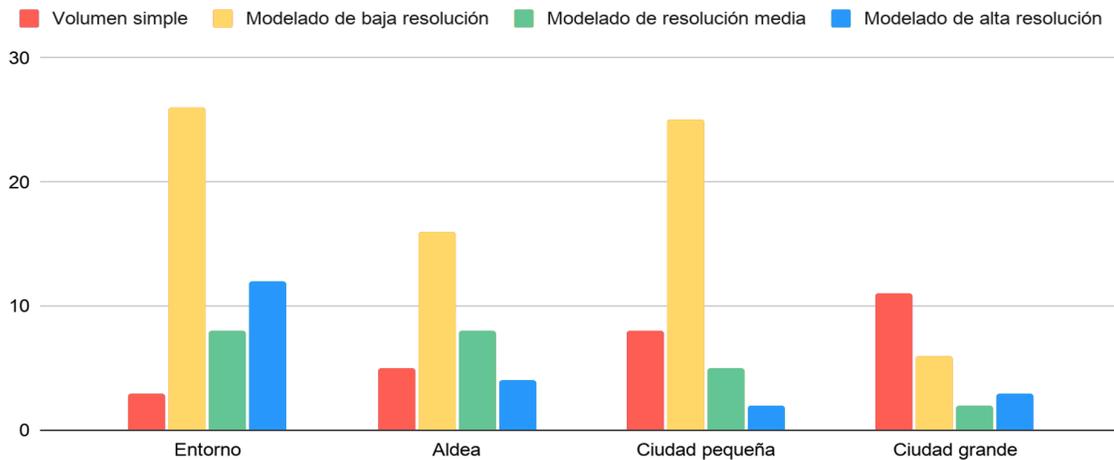
Según la interpretación de los resultados de esta tesis, se plantea una guía pragmática y estructurada, a partir de unos atributos concretos pero, a la vez, flexibles, para orientar sobre la elección de cada nivel de detalle según las especificaciones de estos tres factores.

- Tamaño del núcleo urbano

Como se planteó en el estado de la cuestión, el tamaño de la reconstrucción virtual tiende a tener relación con el nivel de detalle elegido, al menos en el muestreo recogido para este estudio. Como norma general, cuanto más grande es el núcleo más proyectos se han recogido de nivel 1 y menos de 3 y 4. Estos datos permiten inferir que ya existe, de manera espontánea, una voluntad por elegir un nivel de detalle adecuado al tamaño de la reconstrucción virtual. Apoyándose en estos datos más los resultados de la medición cualitativa y cuantitativa, se plantea como óptimo que los

niveles de detalle reducidos se usen para grandes espacios, para no desarrollar modelos que tengan más definición de la apreciable por el público ya que esto supondría un uso ineficiente de recursos.

Figura 97. Distribución del nivel de detalle según el tamaño de la reconstrucción virtual.



Fuente: elaboración propia.

- Distancia

La variable distancia se utilizó en el diseño de la prueba de investigación, para, al ser modificada, comprobar si tanto el grupo focal como el muestreo estadístico variaban su opinión. El nivel de detalle 3 resultó atractivo y realista desde una distancia aérea lejana, mientras que el nivel 1 reducía considerablemente la valoración entre los encuestados cuanto más se acercaba la cámara a la reconstrucción. Para proponer una guía sobre el uso de niveles de detalle según la distancia se requiere una taxonomía que permita agrupar en categorías un espectro muy amplio de posibilidades de distancias y encuadres. Para esto, se ha seguido la nomenclatura del ámbito audiovisual para la denominación de los planos, solo que, en la cultura audiovisual tradicional, la unidad de medida de un plano suele ser a partir de las proporciones de un ser humano y, en este caso, se utilizarán núcleos urbanos.

Se propone la siguiente denominación de tipos de encuadre según la distancia del espectador a la reconstrucción. Los primeros tres encuadres se delimitan a partir de una perspectiva aérea en un ligero ángulo picado con una distancia focal de 50mm. mientras que el plano detalle se plantea desde la altura de los ojos. Esta clasificación es una propuesta flexible, que se usará para determinar la idoneidad de cada distancia para cada nivel de detalle.

Figura 98. Tipos de encuadres según la distancia.



Nota: El plano general largo, general y medio pueden usarse para una visión completa o seccionada del núcleo urbano, mientras que el plano detalle implica la ubicación de la cámara a la altura de los ojos. Fuente: elaboración propia.

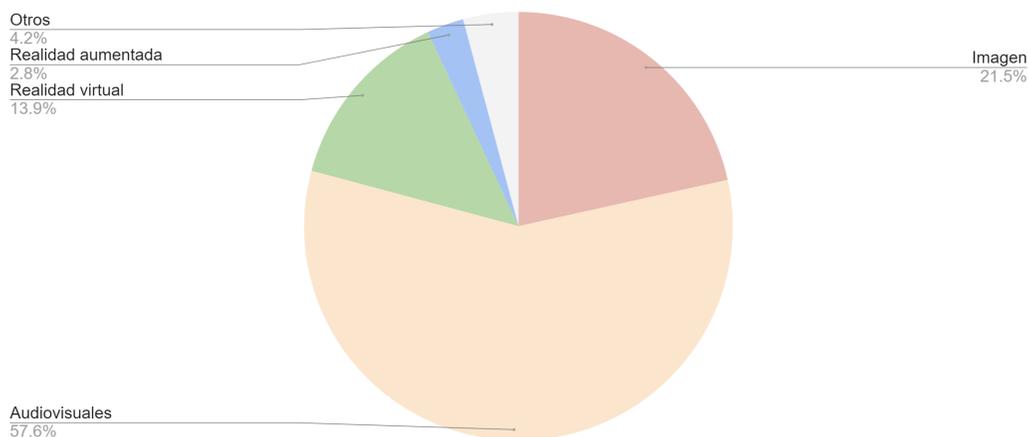
Esta categorización se utilizará para un planteamiento de cuáles son los niveles de detalle adecuados para la distancia, siempre considerando que cada reconstrucción puede visualizarse desde diferentes distancias y perspectivas. Para determinar la adecuación de cada nivel de detalle a una distancia se ha tenido en cuenta las opiniones de los encuestados en el análisis cuantitativo y las aportaciones de los expertos del grupo focal. El cálculo de la distancia depende de hasta qué punto cada nivel puede mantener su realismo. La distancia utilizada en la medición es la misma que se usó en primer término para definir cada nivel de detalle en el estado de la cuestión.

La relación entre distancia y nivel de detalle excede a lo estético o visual ya que ambas categorías operan como un conjunto interdependiente.

- Formato de visualización

En el análisis sobre los proyectos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos en España se recogieron datos referentes al formato de visualización de cada registro.

Figura 99. Distribución porcentual de cada uno de los formatos de visualización frente al total.



Fuente: elaboración propia.

El predominio del audiovisual anticipa un cambio de tendencia entre las imágenes fijas y las nuevas tecnologías de realidad extendida, cuyo uso no era tan habitual como en la actualidad en el momento de finalización de recogida de datos en 2021. Esta tendencia, junto con los resultados del grupo focal y la encuesta, permiten vincular la adecuación de cada nivel de detalle a cada formato. Los participantes del grupo focal aseguraron que el nivel de detalle basado en volúmenes simples puede ser útil pero fundamentalmente como un elemento complementario a otras reconstrucciones con más definición, por lo que podría adaptarse a todos los formatos de visualización. En cambio, los niveles de detalle más altos deberían realizarse solo en los casos en los que se amortice el alto costo de su desarrollo, por lo que deberían utilizarse para audiovisuales en los que la cámara se acerque considerablemente a la reconstrucción, o bien, formatos inmersivos en primera persona.

Los formatos de visualización podrán llegar a combinar diferentes niveles de detalle para la misma reconstrucción virtual. A la hora de difundir el patrimonio, sobre todo en aulas de

interpretación y museos, se combinan diferentes materiales y recursos comunicativos, siendo frecuente que se diseñe de manera estratégica una distribución de los contenidos según las características de cada formato. Así, en ciertos casos, se puede mejorar tanto la eficiencia, en cuanto al ahorro de recursos, como la eficacia, a la hora de conseguir el mejor resultado comunicativo, generando varios niveles de detalle adaptados a los propios formatos de visualización. Las imágenes fijas y los audiovisuales pueden combinar diferentes perspectivas y representaciones, mientras que la realidad virtual, videojuegos y realidad aumentada directamente permiten a los usuarios interactuar y desplazarse, pudiendo ver las reconstrucciones desde diferentes perspectivas.

Se ha distribuido la relación entre estos tres factores y los niveles de detalle en la siguiente guía en formato de tabla para facilitar su aplicación:

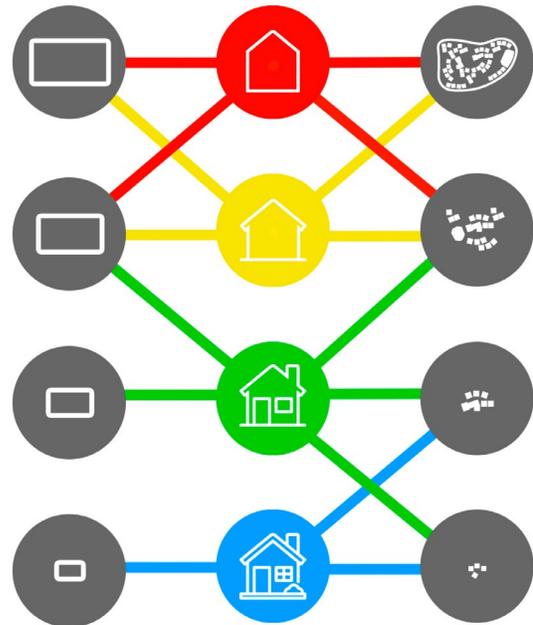
Tabla 3. Selección de nivel de detalle según tamaño, distancia y formato de visualización.

	Tamaño del núcleo	Distancia	Formato de visualización
Nivel 1	Ciudad grande	Plano general largo o plano general	Imagen fija solo vista aérea Audiovisuales solo vista aérea Realidad virtual solo en vista aérea Realidad aumentada
Nivel 2	Ciudad grande o pequeña	Plano general largo o plano general	Imagen fija solo vista aérea Audiovisuales solo vista aérea Realidad virtual solo en vista aérea Realidad aumentada
Nivel 3	Ciudad pequeña o inferior Sección de un núcleo	Plano general o medio.	Imagen fija solo vista aérea Audiovisuales solo vista aérea Realidad aumentada solo a la altura de los ojos
Nivel 4	Pequeño entorno, aldea o sección de una ciudad	Plano medio o plano detalle	Imagen fija solo vista a la altura de los ojos Audiovisuales Realidad virtual solo a la altura de los ojos

Fuente: elaboración propia.

El tamaño, la distancia y el formato de visualización influyen en la decisión sobre qué nivel o niveles de detalle utilizar, aunque esta influencia estará siempre supeditada a la tríada de condicionantes. Los niveles de detalle más bajos se usarán, preferentemente, para planos generales y generales largos de grandes núcleos urbanos, en los que se pueda apreciar el urbanismo, pero no los detalles arquitectónicos. Cuanto más se reduzcan los encuadres y el tamaño de los núcleos urbanos más adecuado es aumentar el nivel de detalle, aunque teniendo en cuenta, como se ha visto en la gráfica anterior, que esto conllevará un coste de recursos importante.

Figura 100. Gráfica sobre la adecuación de cada nivel de detalle a cada encuadre y tamaño de núcleo urbano.



Fuente: elaboración propia.

Para secciones de núcleos urbanos grandes, aldeas o pequeños conjuntos, el nivel de detalle 3 puede ser suficiente, aunque el 4 permite la flexibilidad de generar más vistas a partir del mismo modelo, ampliando las posibilidades del producto final según su formato de visualización. La idoneidad de qué nivel o niveles de detalle utilizar en cada proyecto variará sustancialmente según su idiosincrasia, pero este esquema puede ayudar a la toma de decisiones en la fase de preproducción.

6. Conclusiones

Esta tesis doctoral esclarece el impacto de los niveles de detalle en la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos y aporta soluciones sistematizadas para la incorporación de estos resultados en el ámbito de la RVP. Se ha realizado un repaso y análisis de la literatura académica sobre la RVP, así como un censo de los proyectos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos realizados en España para identificar cuáles eran los condicionantes que influían en el desarrollo de proyectos de RVP. Los resultados se han apoyado en una metodología combinada que ha aportado información para establecer unas conclusiones pragmáticas que sirvan para incentivar la expansión de esta disciplina, al menos, en el caso de España.

Se ha definido una nueva clasificación de niveles de detalle específica para la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos, apoyada en las propuestas que se han recogido en el estado de la cuestión, y que aglutina, en cuatro categorías, características diferenciadoras para cada uno de esos niveles. Esta clasificación está diseñada *ex profeso* para su aplicación a la reconstrucción virtual de núcleos urbanos, teniendo en cuenta que por la propia idiosincrasia de esta disciplina se requiere que sea flexible pero que, a la vez, permita una categorización inequívoca. La propuesta se basa en el uso de este *issue* en los textos teóricos de carácter académico, así en los trabajos prácticos realizados en España como en el análisis cualitativo y cuantitativo de dos niveles concretos de detalle. Niveles que siendo lo suficientemente diferentes permitieron observar y medir su impacto en las respuestas de los encuestados y participantes del grupo focal.

No obstante, las clasificaciones utilizadas hasta la fecha en RVP, sean o no específicas, no cuentan con un respaldo mayoritario de la comunidad académica, lo que, unido a la escasez de investigaciones sobre niveles de detalle en reconstrucción de núcleos urbanos históricos desde un punto de vista interpretativo implica que no es descartable que se comience a utilizar la

categorización planteada en este estudio de forma habitual a la hora de escoger el acabado visual de una reconstrucción en la propia fase de preproducción.

En esta tesis doctoral se ha llevado a cabo un análisis de la RVP de núcleos urbanos históricos en España, en la que se han recogido una buena parte de los proyectos desarrollados hasta 2021 y que ha permitido establecer un panorama a partir de la revisión y clasificación de las características de cada uno de estos proyectos. Este análisis, apoyado por una revisión bibliográfica sobre el estado de la difusión del patrimonio en España y el estado actual de la disciplina de la RVP ha concluido que es necesario fomentar el uso de la RVP en la difusión del patrimonio, estimulando la iniciativa institucional y privada. Para comprender si esto era viable se ha determinado la tríada de condicionantes en la RVP de núcleos urbanos históricos: la disposición de información, recursos humanos y financiación. Cada uno de estos condicionantes influye en el proceso de definición de cada proyecto de RVP pero, hasta ahora, no se habían implementado en las metodologías propuestas para el desarrollo de proyectos de RVP desde el ámbito académico.

Esta tesis pretende paliar este vacío proponiendo una investigación que, basada en un estudio riguroso, profundizase y definiese la influencia de los niveles de detalle en la tríada de condicionantes. Para ello se ha propuesto una prueba experimental innovadora en el sector de la RVP y en el ámbito académico. Los resultados extraídos han permitido elaborar una tabla de clasificación que puede ayudar a la elección de los niveles de detalle en función de los condicionantes del proyecto a reconstruir.

La aplicación de esta novedosa metodología teórico-práctica han generado las siguientes conclusiones:

- Se debe fomentar la creación de más proyectos de RVP

La literatura académica plantea una práctica unanimidad sobre lo positivo que es el uso de la RVP para favorecer la puesta en valor, comprensión y difusión del patrimonio cultural. Aunque el debate sigue abierto en varios aspectos, los académicos no discuten sobre si usar o no esta herramienta sino en cómo mejorar sus resultados y metodología, dando por hecho que su uso debe ser extendido.

Esta unanimidad no se traduce en una realidad social: aún la reconstrucción virtual de núcleos urbanos es poco frecuente, sobre todo en aquellos que no son yacimientos musealizados sino ciudades históricas que siguen estando habitadas. Por tanto, si está clara su utilidad, pero, en cambio, no se está aplicando, implica que existe algún problema que también debe ser investigado para aportar soluciones. La tríada de condicionantes resume los factores que más influencia tienen en la generación de proyectos de RVP, pero se ha descartado en este estudio que exista carencia de recursos humanos e información, por lo que todo indica que la financiación puede ser el condicionante clave. Esta falta de financiación no tiene por qué ser simplemente la ausencia de recursos económicos disponibles, sino que puede tratarse de falta de iniciativa. Como se ha planteado, las reconstrucciones virtuales a partir de volúmenes simples son atractivas para el público objetivo, requieren poca financiación y no necesitan mucha información para su desarrollo. Así, puede concluirse que tampoco la financiación es un condicionante que explique la escasez de proyectos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos.

Por otra parte, los resultados del análisis cuantitativo reforzaron esta idea, ya que se recogió que los interesados en el patrimonio cultural están a favor de la RVP como herramienta para la difusión del patrimonio y, a su vez, el grupo focal, que representa a los expertos en este ámbito, señalan que existen suficientes profesionales y proyectos para realizar pero que la financiación es escasa.

Con todo, tal y cómo se señaló en la revisión del estado de cuestión de esta tesis doctoral sobre la legislación del patrimonio en el caso español, existe una regulación muy escasa sobre la difusión del patrimonio, estando, las competencias en esta materia, distribuidas entre el Estado, las Comunidades Autónomas, las Diputaciones, los Ayuntamientos y, en último término, la iniciativa privada. Así, podría darse la circunstancia de que ninguno de los condicionantes sea determinante sino que la falta de proyectos se deba a una falta de regulación que acabe suponiendo una carencia de iniciativa por llevar a cabo proyectos de este tipo. Si este fuera el caso, teniendo en cuenta que todo el resto de circunstancias favorecen la reconstrucción virtual de núcleos urbanos, se extrae la conclusión de que la proliferación de esta disciplina depende de la voluntad institucional, y, para ello, esta debe ser fomentada y estimulada.

- Eficiencia: la clave de la expansión de la RVP

La literatura académica ha ido consolidando el proceso de reconstrucción virtual, aportando conocimiento sobre la deontología, la técnica y las capacidades didácticas, pero, para que la expansión y aplicación masiva de esta disciplina sea un hecho, debe aumentarse la investigación sobre la eficiencia de recursos, esto es, cómo conseguir que, aunque existan limitaciones presupuestarias se puedan desarrollar proyectos de RVP que sean útiles para la divulgación a la vez que respetan el rigor histórico.

Los propios Principios de Sevilla dedican uno de sus puntos principales a la eficiencia:

El concepto de eficiencia aplicada al campo que nos ocupa pasa inexorablemente por lograr una ajustada sostenibilidad económica y tecnológica. Usar menos recursos para lograr cada vez más y mejores resultados será la clave de la eficiencia.”

Este principio no ha tenido un impacto directo en la literatura académica: si se menciona la eficiencia es de manera secundaria, sin que existan, como norma general, pautas en las metodologías y protocolos destinadas a mejorar este aspecto.

En este estudio se ha explorado la eficiencia de recursos destinados a la RVP a partir de una metodología en la que se ha valorado el tiempo dedicado a dos niveles de detalle, lo que se ha servido como base para una medición exploratoria. Tanto los expertos en RVP como el público prefieren reconstrucciones fotorrealistas, que son, por su parte, las que más recursos económicos requieren, pero también reconocen que los niveles de detalle más bajos, que son considerablemente más asequibles, también pueden ser útiles para la divulgación social del patrimonio. Por otra parte, siendo la financiación limitada, para extender el uso de la RVP se necesita explorar la optimización de los recursos de cada proyecto, y esto debe hacerse tanto en el proceso de toma de decisiones (en lo que se centra esta tesis, ya que aporta caminos para facilitar la elección de niveles de detalle) pero también en las propias metodologías propuestas desde el ámbito académico.

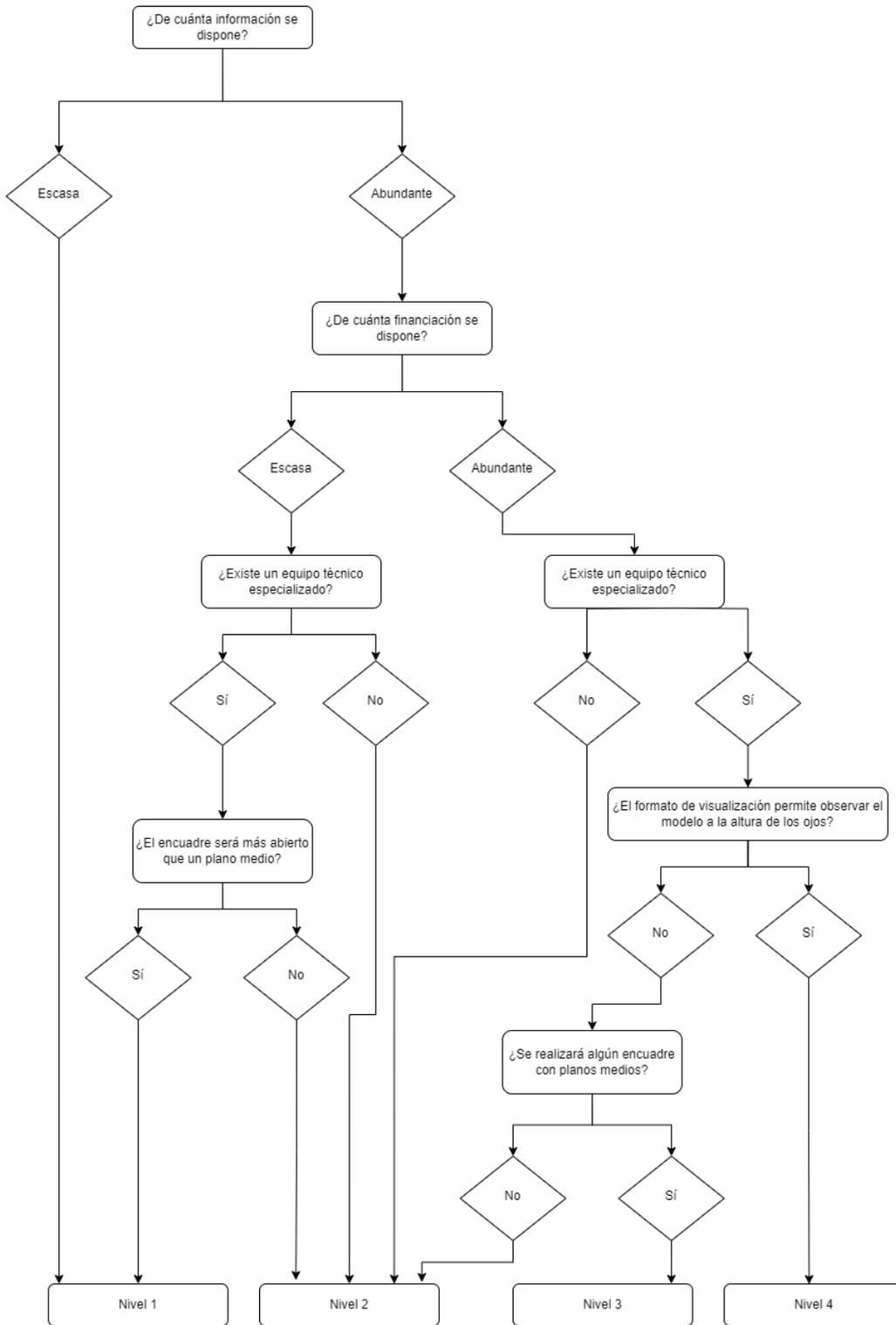
- Los niveles de detalle deben formar parte de las metodologías de RVP

Hasta ahora, las metodologías definidas por investigadores para servir como protocolos de estandarización en el área de la RVP mencionan a los niveles de detalle, pero sin hacer especial hincapié en su función ni su influencia en el resto de los procesos. Los casos de estudio suelen dar la elección del nivel de detalle como algo más relacionado con la habilidad del equipo técnico que con otros factores, ya que, habitualmente, en el ámbito académico, los proyectos no se plantean desde la adecuación a unos recursos limitados sino como indagaciones acerca de otros temas específicos.

Tal y como se ha demostrado en los resultados de esta tesis doctoral, la elección de niveles de detalle puede condicionar todos los pasos posteriores. Para asegurar la eficiencia de recursos, que, como se ha visto, es necesaria para garantizar la adaptación a la escasez de financiación, la elección de nivel o niveles de detalle de una reconstrucción debe ser un ítem más en la fase de preproducción de cada proyecto. Esto implicaría que en los primeros pasos de un proyecto se avance de manera paralela en la adquisición e interpretación de la información y la adecuación de los niveles de detalle, pero ya no solo desde un punto de vista económico sino también funcional: el grupo focal señaló las posibilidades narrativas y comunicativas de los bajos niveles de detalle debido a su capacidad para sintetizar información y su flexibilidad en cuanto al acabado artístico.

Esta tesis doctoral también ha aportado conocimiento sobre la influencia de la disposición de información, recursos humanos, financiación, tamaño, distancia y formato de visualización en la reconstrucción de núcleos urbanos históricos. Estos factores forman un sistema complejo en el que cada uno de ellos retroalimenta a los demás, por lo que su influencia está interconectada y dificulta una toma de decisiones rápida y eficaz. Por tanto, se propone un protocolo que puede implementarse como una nueva fase en las diferentes metodologías planteadas desde el ámbito académico a partir de la combinación de los resultados generados en esta tesis doctoral. Este protocolo se ha diseñado como un diagrama de flujo que facilite la toma de decisiones a través del filtrado de cada uno de los condicionantes y factores que afectan a la RVP.

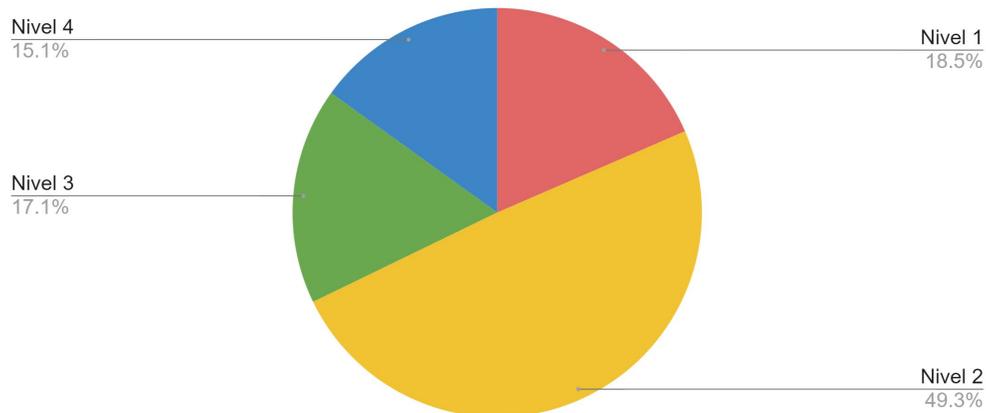
Figura 101. Protocolo para la toma de decisiones sobre niveles de detalle en RVP.



Nota: la toma de decisiones se puede tomar siguiendo este protocolo en forma de diagrama de flujo. Fuente: elaboración propia.

Este diagrama de flujo, diseñado a partir de la interpretación de resultados sobre los condicionantes en la RVP muestra cómo el nivel de detalle 2, o sea, de baja resolución, es el nodo de más alta convergencia, siendo el destino de la mitad de procesos de toma de decisiones. Este hecho corrobora la calidad de los resultados de esta investigación, ya que, sea por correlación o causalidad, esta convergencia coincide con una precisión considerable con los resultados del muestreo realizado en el estado de la cuestión sobre las reconstrucciones virtuales de núcleos urbanos históricos realizadas en España.

Figura 102. Frecuencia de cada nivel de detalle sobre el total del muestreo de reconstrucciones virtuales de núcleos urbanos históricos en España.



Fuente: elaboración propia.

- Esta metodología puede complementarse analizando más variables

Las variables utilizadas para este estudio pueden ser completadas en investigaciones posteriores, tanto para reforzar estas conclusiones como para explorar otras posibilidades. Se pueden realizar pruebas experimentales a partir de la creación de más reconstrucciones virtuales en otros niveles de detalle, en las que se realicen versiones modificando su implementación en diferentes formatos de visualización, la modificación de sus materiales o la iluminación. Además, se puede explorar cómo concretar más la definición de las características de cada nivel de detalle,

para lo que serán necesarias más investigaciones sobre el proceso de trabajo y la distancia a la que se pueden ver los modelos. Cada una de estas variables necesitará de procesos de investigación que pueden seguir los pasos de la medición mixta aplicada en esta tesis doctoral.

- La RVP de núcleos urbanos debe realizarse en alto nivel de detalle, salvo que la información o financiación sean escasas

Las respuestas del estudio cualitativo y cuantitativo fueron claras: las reconstrucciones con alto nivel de detalle son más atractivas. Los encuestados, aparte de transmitir esta opinión, también evaluaron muy positivamente su acuerdo con que en los casos en los que hubiese escasez de información fuesen los expertos en arqueología y patrimonio los que tomasen las decisiones. Pues bien, una representación de estos expertos, los seleccionados para el grupo focal, señaló de manera unánime que prefieren desarrollar reconstrucciones virtuales visualmente realistas aunque la información sea escasa, ya que esos modelos pueden servir como base para la investigación y la difusión siempre que se respete la transparencia en la toma de decisiones y los resultados del proceso de investigación.

Asimismo, los resultados también apuntan que los condicionantes con más peso a la hora de que un proyecto se desarrolle en el nivel de detalle de alta resolución son la financiación y disposición de información. Los encuestados mostraban conformidad en que preferían los altos niveles de detalle, aunque la inversión pública fuese mayor (no obstante, estos resultados pueden estar sesgados frente al total de la población, ya que el muestreo estaba formado por personas lo suficientemente interesadas en el patrimonio cultural como para reservar una visita en la Catedral de Vitoria-Gasteiz). Por su parte, los expertos en RVP mencionaron que no existe escasez en técnicos que puedan desarrollar los proyectos, por lo que se puede concluir que, en la medida de lo posible, se deben desarrollar proyectos de alta resolución.

En los casos en los que esto no sea posible, los propios encuestados confiaban en la opinión de los especialistas, y los especialistas, por su parte, apuntan a las posibilidades de los niveles de detalle 1 y 2 para los casos en los que no existan o financiación o suficiente información como para garantizar el rigor histórico, teniendo en cuenta que siempre será mejor una reconstrucción

muy poco detallada que ninguna. Por tanto, no hay niveles de detalle positivos ni negativos, sino que cada uno se adecúa a unas circunstancias.

- El modelado a partir de volúmenes simples tiene ventajas narrativas y estéticas

El modelado de baja resolución, de resolución media y de alta resolución generalmente busca el realismo visual. Esta búsqueda de realismo impide que la imagen resultante pueda incluir, en el propio modelo, capacidades semióticas que transmitan información en forma de subtexto visual para facilitar la comprensión de la imagen. Los resultados de proyectos realizados en el modelado a partir de volúmenes simples se acercan más al aspecto de una infografía digital que de una fotografía, por lo que, en sí mismos, pueden transmitir información a través de la distorsión de las formas, la asignación de materiales no realistas y el acabado artístico.

Además, la propia esquematización de formas y volúmenes podría facilitar la comprensión de complejos urbanos. Los encuestados opinaron que el nivel de detalle 3 les facilitaba la comprensión del espacio y despertaba más su curiosidad, pero en el grupo focal, los expertos señalaron que en los casos en los que se realiza modelado a partir de volúmenes simples la ventaja no está solo en la esquematización de las formas y volúmenes sino también en la asignación de texturas que tengan un acabado artístico particular. Los volúmenes permiten flexibilidad a la hora de destacar elementos, seccionar espacios o realizar animaciones que muestren la evolución urbana.

Por otro lado, los volúmenes sencillos pueden ser más eficientes en formatos que combinen la RVP con otras imágenes como documentales u otros formatos audiovisuales. La narración, la música u otras herramientas cinematográficas, pueden suplir la falta de realismo consiguiendo una buena comprensión y aceptación por parte del público sin necesidad de invertir tanto recursos como en niveles más detallados.

Esto implica que no solamente hay que recurrir a este formato en los casos en los que no haya información o financiación, sino que, en sí mismo, tiene ventajas frente a los demás. Además, teniendo en cuenta que los recursos económicos necesarios para su desarrollo son muy inferiores al resto de niveles de detalle podría considerarse su uso como un complemento a otras

reconstrucciones más detalladas para facilitar la contextualización y comprensión global del espacio no solo en su dimensión espacial sino, también, temporal, lo que lleva a la siguiente conclusión.

- La combinación de niveles de detalle para un mismo proyecto facilita la eficacia y la calidad del resultado

Es habitual que, en procesos de reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos, especialmente los que siguen estando habitados en la actualidad, se disponga de información parcial y dispersa sobre su pasado, ya que tanto los datos provenientes de las excavaciones arqueológicas como de la documentación histórica difícilmente pueden aportar información completa sobre la totalidad del núcleo urbano y en un momento concreto de su historia. Esto podría influir en el proceso de decisión sobre el nivel de detalle, ya que es posible que exista información exhaustiva en algunos espacios mientras que se carezca por completo de ella en otros. A la hora de diseñar la estrategia de contenidos en una reconstrucción virtual de un núcleo urbano se debe considerar el conjunto como un todo y no como una suma de estructuras. Tanto si la reconstrucción se va a visualizar en un único formato como en varios, se puede crear un sistema en el que se puedan combinar diferentes niveles de detalle sin que esto suponga una mayor inversión, sino que, por el contrario, optimice el tiempo dedicado a su desarrollo y, al mismo tiempo, preserve con mayor precisión el rigor histórico. Los niveles de detalle más reducidos pueden utilizarse para las vistas panorámicas del conjunto del núcleo urbano, mientras que, en las zonas en las que se disponga de más información, se pueden realizar reconstrucciones en alto nivel de detalle que complementen el discurso histórico, facilitando la comprensión del entorno a partir de una estrategia que combine la información global y particular.

Esta combinación de niveles de detalle puede ser, además, transmedia, dividiendo el contenido entre diferentes formatos comunicativos. Cada nivel de detalle tiene según qué ventajas para con cada formato de visualización, por lo que la generación de un sistema que combine lo mejor de cada nivel y lo mejor de cada formato puede optimizar el impacto de un proyecto de RVP. Otra opción es combinar diferentes niveles de detalle en el mismo formato gráfico, utilizando

diferentes resoluciones según la información disponible de cada zona o, también, según la relevancia de cada espacio dentro del relato que se pretende transmitir.

6.1 Futuras líneas de investigación

Esta tesis doctoral ha contribuido al avance del conocimiento al analizar y sistematizar el empleo de los niveles de detalle en la reconstrucción virtual de núcleos urbanos históricos. En este proceso se han ido identificando futuras líneas de investigación que se generan a partir de este estudio, y que podrán reforzar los objetivos de esta tesis doctoral:

- Niveles de detalle y conjetura

En los proyectos de RVP la fase de conjetura rellena los vacíos de información a partir de hipótesis de cómo pudo haber sido lo que se ignora cómo era. La fase de conjetura es compleja, ya que implica la búsqueda de datos en cualquier fuente documental que pueda tener alguna relación temporal o espacial con el núcleo urbano que se pretende reconstruir. Un proceso tan adaptable y desordenado que la medición de resultados es, cuando menos, complicada. Esta circunstancia ha impedido que el tiempo dedicado al trabajo de documentación y conjetura se utilizasen como variables en la investigación, pero sí que se ha detectado, en el desarrollo de ambos modelos en diferentes niveles de detalle, que el proceso de conjetura se reduce exponencialmente según disminuye el nivel de detalle. La simplificación de volúmenes y estructuras permite que las licencias a la hora de rellenar los vacíos de información requieran considerablemente menos tiempo y rigurosidad, ya que el propio formato diluye varios de los elementos que podrían requerir investigación específica en la fase de conjetura: materiales constructivos, altura y tipología de los edificios, trazado de las calles o distribución de edificios singulares.

Esta gran diferencia, apoyada en las ventajas de los niveles de detalle más esquemáticos, sugiere la adecuación de futuras líneas de investigación sobre la metodología de conjetura y su adaptación a las características de cada nivel de detalle, lo que lleva a la siguiente futura línea de investigación.

- Metodología específica de cada nivel de detalle

Los procesos técnicos en la fase de desarrollo varían dependiendo del nivel de detalle. La singularidad de cada nivel de detalle requiere de soluciones geométricas para simplificar, en mayor o menor grado, las estructuras que pretenden representar. Tanto el modelado como la distribución de edificios tendrá en cada nivel de detalle unos procesos diferentes con el fin de favorecer la eficiencia, como el aprovechamiento para su repetición de modelos o texturas, la amortización del proceso de texturizado o la inserción de personajes. Una vez definidas las características de cada nivel se puede profundizar en cómo desarrollar procesos automatizados y sistematizados que tengan como fin la optimización de recursos y, por tanto, la búsqueda de la mayor eficiencia.

- Modelado volumétrico, semiótica y estética

A lo largo de los resultados de esta tesis doctoral se han identificado las ventajas de los niveles de detalle más bajos, que pueden ser los más utilizados en la RVP de núcleos urbanos que siguen siendo habitados debido a que requieren de menos información y son considerablemente más asequibles que los niveles de detalle con más resolución. En concreto, el nivel de detalle 1 ha sido identificado como el más diferente al resto, por su capacidad semiótica a la hora de simplificar realidades complejas a través de los volúmenes y su capacidad para transmitir un subtexto comunicativo debido a la recodificación de la realidad. Esto convierte los volúmenes generados en el proceso de modelado en una especie de pictogramas que simbolizan la realidad pero no la representan buscando el realismo. Esta capacidad semiótica se combina con una libertad creativa para la elección de un acabado estético, ya que, al no buscar el realismo visual no hay ninguna pauta figurativa o fotorrealista que deba ser aplicada como norma general.

El modelado volumétrico se convierte, por tanto, en un nuevo formato, cercano a la infografía, que debe ser estudiado para comprender sus verdaderas posibilidades a través de la investigación. Este puede afectar a la percepción y, teniendo en cuenta su amplia libertad estética y su asequibilidad, pueden explorarse variaciones sobre la morfología, materiales y acabados artísticos que puedan ser analizadas y medidas para estimular el uso del nivel de detalle que, *a priori*, menos interesaba a los encuestados y a los especialistas en RVP pero que más posibilidades

tiene debido a la cantidad de yacimientos y núcleos urbanos que, o no tienen suficiente información o no tienen suficiente financiación para divulgar su pasado cultural.

7. Referencias

- Abad, L., Fernández Ochoa, C., Fuentes, Á., & Bendala, M. (1987). Aproximación al urbanismo prerromano y a los fenómenos de transición y de potenciación tras la conquista. En Ministerio de Cultura. Departamento de Arqueología. (Ed.), *Los asentamientos ibéricos ante la romanización* (pp. 121-140).
- Actas del Congreso de Viena*. (1815).
- Addison, A. C. (2000). Emerging trends in virtual heritage. *IEEE Multimedia*, 7(2), 22-25.
<https://doi.org/10.1109/93.848421>
- Alaguero, M., García, I., & Solaun, J. L. (2019). *Los orígenes de Vitoria-Gasteiz*. Fundación Catedral Santa María de Vitoria-Gasteiz.
- Álvarez, Á. J. (2015). La difusión del patrimonio, una obligación social. *revista PH*, 218.
<https://doi.org/10.33349/2015.0.3561>
- Amado, M., Lourenço, P. B., & Peña, F. (2009). Virtual Reconstruction of Medieval Monastery Using Computer-Aided Design Model. *Journal of Architectural Engineering*, 15(4), 131-138. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0431\(2009\)15:4\(131\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0431(2009)15:4(131))
- Aparicio, P., & Figueiredo, C. (2016). El grado de evidencia histórico-arqueológica de las reconstrucciones virtuales: hacia una escala de representación gráfica. *Otarq*, 1, 235-247.
- Arce, J. (1988). *España entre el mundo antiguo y el mundo medieval*. Alfaguara.
- Arízaga Bolumburu, B. (2002). *La imagen de la ciudad medieval: la recuperación del paisaje urbano* [Book]. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.
- Arnold, D., & Geser, G. (2008). *EPOCH Research Agenda for the Applications of ICT to Cultural Heritage*. Excellence in Processing Open Cultural Heritage.
- Azkarate, A., & Solaun, J. L. (2013). *Arqueología e historia de una ciudad: los orígenes de Vitoria-Gasteiz*. Universidad del País Vasco.

- Bacigalupo, C., & Cessari, L. (2003). Survey techniques and virtual reality for recovery plan of a fortified Mediterranean town. *Workshop Vision Techniques for Digital Architectural and Archaeological Archives*, 40-44.
- Barratt, R. P. (2018). Defining a Methodology for 3D Approximations in Archaeology: The Issue with Alternative Models. En *CHNT* (Vol. 23).
- Barrios Carreira, M. (2019). *Desmontando Galicia*. MBC Servicios Audiovisuales.
- Bekele, M. K., Pierdicca, R., Frontoni, E., Malinverni, E. S., & Gain, J. (2018). A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage. En *Journal on Computing and Cultural Heritage* (Vol. 11, Número 2). Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/3145534>
- Bellido Gant, M. L. (2008). *Difusión del patrimonio cultural y nuevas tecnologías*. Universidad Internacional de Andalucía.
- Bendala Galán, M. (2005). Urbanismo y romanización en el territorio andaluz: aportaciones a un debate en curso. *Mainake*, 27, 9-32.
- Bentkowska-Kafel, A., & Denard, H. (Eds.). (2012). *Paradata and Transparency in Virtual Heritage*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315599366>
- Bernardini, F., & Rushmeier, H. (2002). The 3D Model Acquisition Pipeline. *Computer Graphics Forum*, 21(2), 149-172. <https://doi.org/10.1111/1467-8659.00574>
- Bianconi, F., Filippucci, M., Cornacchini, F., Meschini, M., & Mommi, C. (2023). Cultural heritage and virtual reality: application for visualization of historical 3D reproduction. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-M-2-2023, 203-210. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-203-2023>
- Biljecki, F. (2013). *The concept of level of detail in 3D city models*. OTB Research Institute for the Built Environment. TU Delft.
- Biljecki, F., Ledoux, H., & Stoter, J. (2016). An improved LOD specification for 3D building models. *Computers, Environment and Urban Systems*, 59, 25-37.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.04.005>

- Biljecki, F., Ledoux, H., Stoter, J., & Zhao, J. (2014). Formalisation of the level of detail in 3D city modelling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 48, 1-15.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.05.004>
- Blaauboer, J., Ledoux, H., Penninga, F., Reuvers, M., Stoter, J., & Vosselman, G. (2012). 3D Pilot Eindrapport werkgroep Technische specificaties voor de opbouw van 3D IMGeo-CityGML. *Kadaster*.
- Boer, A. De, Voorbij, J. B., & Breure, L. (2009). *Towards a 3D Visualization Interface for Cultural Landscapes and Heritage Information*.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55743430>
- Borodkin, L. (2020). 3D-Modeling and Virtual Reality Technologies in the Projects of Historical Urban Landscapes Reconstruction. *ISTORIYA*, 11(3 (89)), 0.
<https://doi.org/10.18254/S207987840009391-9>
- Borra, D. (2000). La modellazione virtuale per l'architettura antica: un metodo verso l'isomorfismo percettivo. *Archeologia E Calcolatori*, 11, 259-272.
- Brandi, C. (1963). *Teoria del Restauro*. Edizioni di Storia e Letteratura.
- Broucke, P., Forte, M., Siliotti, A., & Bommelaer, J.-F. (1999). Virtual Archaeology: Re-Creating Ancient Worlds. *American Journal of Archaeology*, 103(3), 539-540.
<https://doi.org/10.2307/506978>
- Brůha, L., Laštovička, J., Palatý, T., Štefanová, E., & Štych, P. (2020). Reconstruction of Lost Cultural Heritage Sites and Landscapes: Context of Ancient Objects in Time and Space. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(10), 604.
<https://doi.org/10.3390/ijgi9100604>
- Bruno, F., Bruno, S., De Sensi, G., Luchi, M.-L., Mancuso, S., & Muzzupappa, M. (2010). From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. *Journal of Cultural Heritage*, 11(1), 42-49.
<https://doi.org/10.1016/j.culher.2009.02.006>
- Bruschke, J., & Wacker, M. (2016). *Simplifying Documentation of Digital Reconstruction Processes* (pp. 256-271). https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6_12

- Cabanes, J. L., Iborra-Bernad, F., & Bonafé-Cervera, C. (2017, septiembre 27). Reconstrucción virtual de ambientes urbanos a partir de fotografías históricas a través de Image Based Animations (IBA). La Plaza de la Virgen de Valencia alrededor de 1870. *Proceedings 24th ISUF 2017 - City and Territory in the Globalization Age*.
<https://doi.org/10.4995/ISUF2017.2017.6055>
- Carnes, M. (1995). *Past imperfect: history according to the movies*. Henry Holt & Co.
- Carta di Gubbio. (1960). *Convegno Nazionale per la Salvaguardia e il Risanamento dei Centri Storici*.
- Carta Internacional para la Conservación de las Ciudades Históricas. (1987). *Asamblea General del ICOMOS*.
- Casals, J. R. (2015). *Masnou s.XIX. Terra de mar*. <http://jr-casals.blogspot.com/2014/11/masnou-sxix-terra-de-mar.html>.
- Catano, V. M., & Harvey, S. (2011). Student perception of teaching effectiveness: development and validation of the Evaluation of Teaching Competencies Scale (ETCS). *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 36(6), 701-717.
<https://doi.org/10.1080/02602938.2010.484879>
- Checa, D., Alaguero, M., Arnaiz, M. A., & Bustillo, A. (2016). Briviesca in the 15th c.: A virtual reality environment for teaching purposes. En *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 9769). https://doi.org/10.1007/978-3-319-40651-0_11
- Checa, D., & Bustillo, A. (2020a). A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training. *Multimedia Tools and Applications*, 79(9-10), 5501-5527.
<https://doi.org/10.1007/s11042-019-08348-9>
- Checa, D., & Bustillo, A. (2020b). Advantages and limits of virtual reality in learning processes: Briviesca in the fifteenth century. *Virtual Reality*, 24(1), 151-161.
<https://doi.org/10.1007/s10055-019-00389-7>

- Chevrier, C. (2015). Semiautomatic Parametric Modelling of the Buildings on Town Scale Models. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 7(4), 1-20.
<https://doi.org/10.1145/2622609>
- Clark, J. H. (1976). Hierarchical geometric models for visible surface algorithms. *Communications of the ACM*, 19(10), 547-554. <https://doi.org/10.1145/360349.360354>
- Clark, J. T. (2010). The Fallacy of Reconstruction. En M. Forte (Ed.), *Cyber Archaeology*. British Archaeological Records.
- Constitución Española, (1978).
- Convention for the Protection of Cultural Property in the Event of Armed Conflict with Regulations for the Execution of the Convention. (1954). *Convención de la Haya*.
- Cutruneu, J. (2011). El tema de la razón en las teorizaciones de la arquitectura moderna: un recorrido por textos de Viollet-le-Duc, Le Corbusier y Sartoris: proyecto arquitectónico y urbano. *Revista de Arquitectura*, 13(1).
- Deggim, S., Kersten, T. P., Lindstaedt, M., & Hinrichsen, N. (2017). The return of the siegesburg – 3d-reconstruction of a disappeared and forgotten monument. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W3, 209-215. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-209-2017>
- Demetrescu, E. (2018). Virtual Reconstruction as a Scientific Tool: The Extended Matrix and Source-Based Modelling Approach. En S. Münster, K. Friedrichs, F. Niebling, & A. Seidel-Grzesinska (Eds.), *Digital Research and Education in Architectural Heritage* (pp. 102-116). DECH. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76992-9_7
- Demetrescu, E., & Ferdani, D. (2021). From field archaeology to virtual reconstruction: A five steps method using the extended matrix. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(11).
<https://doi.org/10.3390/app11115206>
- Demetrescu, E., Ferdani, D., Dell'Unto, N., Touati, A.-M. L., & Lindgren, S. (2016). Reconstructing the original splendour of the House of Caecilius Iucundus. A complete methodology for virtual archaeology aimed at digital exhibition. *SCIRES-IT - SCIENTIFIC*

RESearch and Information Technology, 6(1), 51-66.

<https://doi.org/10.2423/I22394303V6N1P51>

Der Manuelian, P. (2013). Giza 3D: Digital archaeology and scholarly access to the Giza Pyramids: The Giza Project at Harvard University. *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*, 727-734.

<https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2013.6744842>

Dodd, L., & Kensek, K. (2004). Fantastic reconstructions or reconstructions of the fantastic? Tracking and presenting ambiguity, alternatives, and documentation in virtual worlds. *Automation in Construction*, 13, 175-186.

Donadio, E., Sambuelli, L., Spanò, A., & Picchi, D. (2018). Three-Dimensional (3D) Modelling and Optimization for Multipurpose Analysis and Representation of Ancient Statues. En *Latest Developments in Reality-Based 3D Surveying and Modelling*. MDPI.

<https://doi.org/10.3390/books978-3-03842-685-1-5>

Dylla, K., Frischer, B., Müller, P., Ulmer, A., & Haegler, S. (2008). Rome reborn 2.0: A case study of virtual city reconstruction using procedural modelling techniques. *Computer Graphics World*, 16, 25.

http://scholar.google.dk/citations?view_op=view_citation&hl=da&user=zzMlobMAAAAJ&citation_for_view=zzMlobMAAAAJ:0EnyYjriUFMC

El-Hakim, S. F., Beraldin, J.-A., Picard, M., & Godin, G. (2004). Detailed 3D reconstruction of large-scale heritage sites with integrated techniques. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 24(3), 21-29. <https://doi.org/10.1109/MCG.2004.1318815>

EXCELTUR. (2019). *PIB y empleo turístico por C.C.A.A.* <https://www.exceltur.org/pib-y-empleo-turistico-por-c-c-a-a/>.

Fernández Martínez, V. M. (1989). *Teoría y método de la arqueología*. Síntesis.

Fernando de Fuentes, A., Valle Melón, J. M., & Rodríguez Miranda, Á. (2010). Model of sources: a proposal for the hierarchy, merging strategy and representation of the information sources in virtual models of historical buildings. *Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology – CAA2010*, 507-510.

- Fondazione, F. R., Kessler, B., El-Hakim, S., Fondazione, S. G., Gonzo, L., Remondino, F. *3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures-The 3D-ARCH Project. NRC Publications Archive (NPArc).*
- Forte, M. (1997). *Archeologia. Percorsi virtuali nelle civiltà scomparse*. Mondadori.
- Forte, M. (2000). About Virtual Archaeology: Disorders, Cognitive Interactions and Virtuality. *BAR International Series; BAR*, 247-259.
- Forte, M. (2011). Cyber-Archaeology: Notes on the simulation of the past. *Virtual Archaeology Review*, 2(4), 7. <https://doi.org/10.4995/var.2011.4543>
- Gabellone, F. (2006). *Hand Made 3d Modelling for the Reconstructive Study of Temple C in Selinunte: Preliminary Results*. <https://www.researchgate.net/publication/221210484>
- Gabellone, F. (2017). *The Reconstruction of Archaeological Contexts: A Dialectical Relationship Between Historical-Aesthetic Values and Principles of Architecture* (pp. 395-417). https://doi.org/10.1007/978-3-319-50518-3_19
- Gabellone, F. (2019). *Archeologia virtuale: teoria, tecniche e casi di studio*. Edizioni del Grifo.
- Gabellone, F., Giannotta, M. T., & Monte, M. (2001). Nurbs Modelling for the conservation of ancient Buildings. *2nd International Congress on Studies in Ancient Structures*, 239-248.
- Gabellone, F., Lanorte, A., Masini, N., & Lasaponara, R. (2017). From remote sensing to a serious game: Digital reconstruction of an abandoned medieval village in Southern Italy. *Journal of Cultural Heritage*, 23, 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.01.012>
- Gaitatzes, A., Christopoulos, D., & Roussou, M. (2001). Reviving the past. *Proceedings of the 2001 conference on Virtual reality, archeology, and cultural heritage*, 103-110. <https://doi.org/10.1145/584993.585011>
- Galinié, H. (2012). *Ciudad, espacio urbano y arqueología. La fábrica urbana* (R. González Villaescusa, Ed.). Publicacions de la Universitat de València.
- Gamble, C. (2002). *Arqueología básica* (1ª ed.). Ariel.
- García Cuetos, P. (2012). *El patrimonio cultural conceptos básicos* (1ª ed.). Prensas de la Universidad de Zaragoza.

- García de Cortázar, J. (1985). *Organización social del espacio en la España Medieval*. Ariel.
- García, I. (2017). *Vitoria-Gasteiz y su hinterland* (A. Azkarate, Ed.). Universidad del País Vasco.
- García-Hernández, M., de la Calle-Vaquero, M., & Yubero, C. (2017). Cultural Heritage and Urban Tourism: Historic City Centres under Pressure. *Sustainability*, 9(8), 1346.
<https://doi.org/10.3390/su9081346>
- Gasánov, A. (2021). Virtual Reconstruction of the Industrial Heritage: 3D-Reconstruction of the Architectural Appearance of Moscow Tryokhgornyy Brewery Production Building at the Turn of the 19th Century. *Историческая информатика*, 2, 88-114.
<https://doi.org/10.7256/2585-7797.2021.2.35984>
- Gerth, B., Berndt, R., Havemann, S., & Fellner, D. (2005). 3D Modeling for Non-Expert Users with the Castle Construction Kit. En M. Mudge, N. Ryan, & R. Scopigno (Eds.), *The 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST*. The Eurographics Association.
- Gil Cornet, L. (2004). El Palacio Real de Olite: crónica de una obstinación». *Papeles del Partal: revista de restauración monumental*. *Papeles del Partal: revista de restauración monumental*, 2, 121-153.
- Gómez Robles, L., & Quirosa García, V. (2015). Nuevas tecnologías para difundir el Patrimonio Cultural: las reconstrucciones virtuales en España. *Erph. Revista electrónica De Patrimonio Histórico.*, 150-173.
- González Gómez, E., Bejega García, V., & Muñoz Villarejo, F. (2018). Las excavaciones en la Peña del Castro (La Ercina, León). Campañas de 2015 a 2017. *Férvedes*, 9, 97-105.
- Gruber, M., Pasko, M., & Leberl, F. (1995). Geometric versus Texture Detail in 3-D Models of Real World Buildings. Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images. *Birkhäuser, Basel*.
- Gutiérrez, D., Seron, F. J., Magallon, J. A., Sobreviola, E. J., & Latorre, P. (2004). Archaeological and cultural heritage: bringing life to an unearthed Muslim suburb in an immersive environment. *Journal of Cultural Heritage*, 5(1), 63-74.
<https://doi.org/10.1016/j.culher.2003.10.001>

- Haegler, S., Müller, P., & Van Gool, L. (2009). Procedural Modeling for Digital Cultural Heritage. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2009, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2009/852392>
- Haydar, M., Roussel, D., Maïdi, M., Otmane, S., & Mallem, M. (2011). Virtual and augmented reality for cultural computing and heritage: a case study of virtual exploration of underwater archaeological sites (preprint). *Virtual Reality*, 15(4), 311-327. <https://doi.org/10.1007/s10055-010-0176-4>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education.
- Hoz, J. (2009). La conservación del patrimonio histórico y su contribución al desarrollo social y económico. *AXA*, 1.
- Hu, Z., & Qin, X. (2021). Extended interactive and procedural modeling method for ancient chinese architecture. *Multimedia Tools and Applications*, 80(4), 5773-5807. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09744-2>
- Hunt, D. P. (2003). The concept of knowledge and how to measure it. *Journal of Intellectual Capital*, 4(1), 100-113. <https://doi.org/10.1108/14691930310455414>
- Ibáñez, J. (1979). *Más allá de la sociología. El grupo de discusión: técnica y crítica*. Siglo XXI de España.
- Jimeno, A., & Chaín, A. (2017). La guerra numantina: cerco y conquista de Numancia. En *Numancia eterna* (pp. 236-250). Consejería de Cultura y Turismo. Junta de Castilla y León.
- Kadi, H., & Anouche, K. (2019). Parametric approach for prior knowledge-base 3D reconstruction. *Conservar Patrimonio*, 30, 47-58. <https://doi.org/10.14568/cp2017038>
- Kadi, H., & Anouche, K. (2020). Knowledge-based parametric modelling for heritage interpretation and 3D reconstruction. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 19, e00160. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2020.e00160>
- Kiourt, C., Pavlidis, G., Koutsoudis, A., & Kalles, D. (2017). Realistic Simulation of Cultural Heritage. *International Journal of Computational Methods in Heritage Science*, 1(1), 10-40. <https://doi.org/10.4018/ijcmhs.2017010102>

- Kitzinger, J. (1994). The methodology of Focus Groups: the importance of interaction between research participants. *Sociology of Health and Illness*, 16(1), 103-121.
<https://doi.org/10.1111/1467-9566.ep11347023>
- Kitzinger, J. (1995). Qualitative Research: Introducing focus groups. *BMJ*, 311(7000), 299-302.
<https://doi.org/10.1136/bmj.311.7000.299>
- Koehl, M., Fuchs, M., Nivola, T., Koch, J., Cartier, L., & Soussoko, S. (2020). When roman antiquity and renaissance came together in virtual 3d environment: 3d modelling considerations. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B4-2020, 607-614. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-607-2020>
- Koutsoudis, A., Arnaoutoglou, F., Pavlidis, G., Tsiafaki, D., & Chamzas, C. (2008). A Versatile Workflow for 3D Reconstructions and Modelling of Cultural Heritage Sites Based on Open Source Software. *Virtual Systems and Multimedia Dedicated to Digital Heritage*.
- Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local.
- Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.
- London Charter for the computer-based visualisation of cultural heritage*. (2009).
- Luebke, D., Reddy, M., Cohen, J. D., Varshney, A., Watson B, & Huebner, R. (2003). *Level of detail for 3D graphics*. Morgan Kaufmann.
- MacInnis, D. J., & Price, L. L. (1987). The Role of Imagery in Information Processing: Review and Extensions. *Journal of Consumer Research*, 13(4), 473. <https://doi.org/10.1086/209082>
- Martín Guglielmino, M. (1996). *Difusión del Patrimonio Histórico*. IAPH, Consejería de Cultura, Junta de Andalucía.
- Martínez Taboada, P. (2009). Historia del urbanismo medieval hispano: cuestiones metodológicas e historiográficas. *Anales de historia del arte*, 1, 27-60.
- Masuch, M., Freudenberg, V., Ludowici, B., Kreiker, S., & Strothotte, T. (1999). *Virtual Reconstruction of Medieval Architecture*.

- Matthys, M., De Cock, L., Vermaut, J., Van de Weghe, N., & De Maeyer, P. (2021). An “Animated Spatial Time Machine” in Co-Creation: Reconstructing History Using Gamification Integrated into 3D City Modelling, 4D Web and Transmedia Storytelling. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(7), 460. <https://doi.org/10.3390/ijgi10070460>
- Mays, N., & Pope, C. (1995). Qualitative Research: Rigour and qualitative research. *BMJ*, 311(6997), 109-112. <https://doi.org/10.1136/bmj.311.6997.109>
- Merton, R. K., Fiske, M., & Kendall, P. A. (1956). The focused interview; a manual of problems and procedures. En *The focused interview; a manual of problems and procedures*. Free Press.
- Münster, S. (2013). Workflows and the role of images for virtual 3d reconstruction of no longer extant historic objects. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5/W1, 197-202. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W1-197-2013>
- Münster, S. (2021). *Researching Scientific Structures via Joint Authorships—The Case of Virtual 3D Modelling in the Humanities* (pp. 151-168). https://doi.org/10.1007/978-3-030-66262-2_10
- Münster, S. (2022). Digital 3D Technologies for Humanities Research and Education: An Overview. *Applied Sciences*, 12(5), 2426. <https://doi.org/10.3390/app12052426>
- Münster, S., Friedrichs, K., & Hegel, W. (2018). 3D reconstruction techniques as cultural shift in art history? *International Journal for Digital Art History*, 3.
- Münster, S., Hegel, W., & Kröber, C. (2016). *A Model Classification for Digital 3D Reconstruction in the Context of Humanities Research* (pp. 3-31). https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6_1
- Münster, S., Kuroczyński, P., Pfarr-Harfst, M., Grellert, M., & Lengyel, D. (2015). Future research challenges for a computer-based interpretative 3d reconstruction of cultural heritage - A German community’s view. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote*

- Sensing and Spatial Information Sciences*, 2(5W3), 207-213.
<https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W3-207-2015>
- Münster, S., Pfarr-Harfst, M., Kuroczyński, P., & Ioannides, M. (Eds.). (2016). *3D Research Challenges in Cultural Heritage II* (1.^a ed., Vol. 10025). Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6>
- Münster, S., & Terras, M. (2020). The visual side of digital humanities: a survey on topics, researchers, and epistemic cultures. *Digital Scholarship in the Humanities*, 35(2), 366-389.
<https://doi.org/10.1093/llc/fqz022>
- Nakaya, T., Yano, K., Isoda, T., & Takase, Y. (2004). Virtual Kyoto: restoring historical urban landscapes using VR technologies. *Nara Symposium. Digital Silkroad*.
- Nasar, J. L. (1994). Urban Design Aesthetics. *Environment and Behavior*, 26(3), 377-401.
<https://doi.org/10.1177/001391659402600305>
- Niccolucci, F., & Hermon, S. (2004). A fuzzy logic approach to reliability in archaeological virtual reconstruction. *CAA 2004*.
- Ortega Valcárcel, J., & Bernal Santa Olalla, B. (1997). *El centro histórico de las ciudades: Patrimonio cultural* (J. Ortega Valcárcel & B. Bernal Santa Olalla, Eds.) [Proceeding]. Caja de Burgos.
- Papadopoulos, C. (2018). Photorealism and Digital Reconstruction. En *The Encyclopedia of Archaeological Sciences* (pp. 1-4). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas0454>
- Pérez-Juez Gil, A. (2006). *Gestión del patrimonio arqueológico*. Ariel.
- Pfarr-Harfst, M. (2016). *Typical Workflows, Documentation Approaches and Principles of 3D Digital Reconstruction of Cultural Heritage* (pp. 32-46). https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6_2
- Pfeiffer, M., Carré, C., Delfosse, V., Hallot, P., & Billen, R. (2013). Virtual leodium: from an historical 3d city scale model to an archaeological information system. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5/W1, 241-246.
<https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W1-241-2013>

- Pietroni, E., & Ferdani, D. (2021). Virtual Restoration and Virtual Reconstruction in Cultural Heritage: Terminology, Methodologies, Visual Representation Techniques and Cognitive Models. *Information*, 12(4), 167. <https://doi.org/10.3390/info12040167>
- Pirenne, H. (1981). *Las ciudades en la Edad Media* (5ª ed.) [Book]. Alianza.
- Planes Nacionales del del IPHE*. (2020, noviembre 1).
<http://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/inicio-recuperar.html>.
- Pujol, L. (2004). *Arqueologia, museus i realitat virtual*. 6.
- Raimundo, P. O., Apaza-Agüero, K., & Apolinário Jr., A. L. (2018). Low-cost 3D reconstruction of cultural heritage artifacts. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, 10(1), 66-75. <https://doi.org/10.5335/rbca.v10i1.7791>
- Rascón Marqués, S., & Sánchez Montes, A. L. (2005). Complutum, la Ciudad de las Ninfas. Un proyecto de reconstrucción virtual de una ciudad romana. *Museo: Revista de la Asociación Profesional de Museólogos de España*, 10, 175-181.
- Real Decreto 817/2018, de 6 de julio, (2018).
- Rodrigues, N., Magalhães, L., Moura, J. P., Chalmers, A., Santos, F., & Morgado, L. (2012). Procedural Virtual Worlds. En N. Zagalo, L. Morgado, & A. Boa-Ventura (Eds.), *Virtual Worlds and Metaverse Platforms* (pp. 16-32). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-854-5.ch002>
- Rua, H., & Alvito, P. (2011). Living the past: 3D models, virtual reality and game engines as tools for supporting archaeology and the reconstruction of cultural heritage – the case-study of the Roman villa of Casal de Freiria. *Journal of Archaeological Science*, 38(12), 3296-3308. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.07.015>
- Ruiz de Arbulo, J. (2009). Viviendo en un Circo Romano. Arqueología Urbana en el centro histórico de Tarragona. En J. L. de las Rivas Sanz & C. Rodríguez Martín (Eds.), *Ciudad sobre ciudad. Interferencias entre pasado y presente urbano en Europa* (pp. 409-444). Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León.
- Ruiz Gómez, F. (1990). *Las aldeas castellanas en la Edad Media: Oña en los siglos XIV y XV* [Book]. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

- Ruiz, Ó. (2016, julio 14). *3D Intelligence ha creado una representación virtual para mostrar cómo era Santander antes del incendio*. Universidad de Cantabria.
- Saldana, M. (2015). An Integrated Approach to the Procedural Modelling of Ancient Cities and Buildings. *Digital Scholarship in the Humanities*, 30 (suppl 1), i148-i163.
<https://doi.org/10.1093/llc/fqv013>
- Sayed, R., & Howard, T. (2006). State of the Art Non-Photorealistic Rendering (NPR) Techniques. *TPCG*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:17249173>
- Sequeira, L. M. (2020). Simplified Crowd Simulation in Virtual Heritage Sites. En *Digital Cities* (pp. 126-148). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oso/9780190498900.003.0007>
- Shaikh, J. M. (2014). Makli Sindhi Islamic Architecture consolidation Techniques (Anastolysis). *Universal Journal of Applied Science*, 2(1), 31-38.
<https://doi.org/10.13189/ujas.2014.020104>
- Slator, B. M., Clark, J. T., Landrum, J., Bergstrom, A., Hawley, J., Johnston, E., & Fisher, S. (s. f.). Teaching with immersive virtual archaeology. *Proceedings Seventh International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, 253-262.
<https://doi.org/10.1109/VSMM.2001.969679>
- Slator, B. M., Clark, J. T., Landrum, J., Bergstrom, A., Hawley, J., Johnston, E., & Fisher, S. (2001). Teaching with immersive virtual archaeology. *Proceedings - 7th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, VSMM 2001, February*, 253-262.
<https://doi.org/10.1109/VSMM.2001.969679>
- Smelik, R. M., Tutenel, T., Bidarra, R., & Benes, B. (2014). *A Survey on Procedural Modeling for Virtual Worlds*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:14423709>
- Sorando, L. (2009, junio 16). *Zaragoza 1808 reconstruccion virtual*. Youtube.
- Stoter, J., Ledoux, H., Eijers, M., & Otori, K. A. (2012). Integrating scale and space in 3D city models. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-4-C26-7-2012>

- Strothotte, Masuch, & Isenberg. (1999). Visualizing knowledge about virtual reconstructions of ancient architecture. *Proceedings Computer Graphics International CGI-99*, 36-43.
<https://doi.org/10.1109/CGI.1999.777901>
- Tadajewski, M. (2016). Focus groups: history, epistemology and non-individualistic consumer research. *Consumption Markets & Culture*, 19(4), 319-345.
<https://doi.org/10.1080/10253866.2015.1104038>
- Tang, L., Ying, S., Li, L., Biljecki, F., Zhu, H., Zhu, Y., Yang, F., & Su, F. (2020). An application-driven LOD modeling paradigm for 3D building models. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 161, 194-207.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.01.019>
- The Seville Principles. International Principles of Virtual Archaeology.* (2012).
- Thompson, E., Horne, M., & Fleming, D. (2006, agosto 3). Virtual Reality Urban Modelling - an Overview. *CONVR2006: 6th Conference of Construction Applications of Virtual Reality*.
- UNESCO. (1972). *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural*.
- van Oosterom, P., & Stoter, J. (2010). *5D Data Modelling: Full Integration of 2D/3D Space, Time and Scale Dimensions* (pp. 310-324). https://doi.org/10.1007/978-3-642-15300-6_22
- Vizcaíno, D., Bienes, J., Bravo, E., & Soler, J. (2013). La reconstrucción virtual del patrimonio arqueológico al servicio de la divulgación y puesta en valor de la Villa Romana de Liédena (Navarra, España). *VAR*, 4(8).
- Walmsley, A., & Kersten, T. P. (2019). Low-cost development of an interactive, immersive virtual reality experience of the historic city model Stade 1620. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W17, 405-411. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W17-405-2019>
- Webster, N. L. (2017). HighPoly to LowPoly workflows for realtime rendering. *Journal of visual communication in medicine*, 40(1), 40-47.
- Wiedemann, A., Hemmleb, M., Albertz, J., & Wg, C. (2000). Reconstruction Of Historical Buildings Based On Images From The Meydenbauer Archives. *XIX ISPRS Congress*.

Yastikli, N. (2007). Documentation of cultural heritage using digital photogrammetry and laser scanning. *Journal of Cultural Heritage*, 8(4), 423-427.
<https://doi.org/10.1016/j.culher.2007.06.003>

8. Anexos

Anexo I.

Base de datos de proyectos de RVP de núcleos urbanos en España entre 2007 y 2021.

Anexo II.

Imágenes finales de la reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz en el siglo XII.

Anexo III.

Cuestionario realizado en el análisis cualitativo.

Anexo IV.

Base de datos de respuestas al cuestionario del análisis cuantitativo.

Anexo V.

Enlace al vídeo completo del grupo focal.

Anexo I.

Base de datos de proyectos de RVP de núcleos urbanos en España entre 2007 y 2021.

Anexo I. Base de datos de proyectos de RVP de núcleos urbanos en España entre 2007 y 2021.

NOMBRE	AUTOR	Provincia	AÑO	NDD*	Tamaño	Destino**	Época
l'Almoina	Centro Arqueológico de l'Alm	Valencia	2007	2	3	3	2. Edad Antigua
Las casas de Vargas	SIAP	Toledo	2007	1	2	4	2. Edad Antigua
La villa romana de la Torrecilla	SIAP	Madrid	2007	1	2	4	2. Edad Antigua
Itálica - Ciudad Romana	Eduardo Barragán	Sevilla	2008	1	3	4	2. Edad Antigua
Termas de Labitolosa	Universidad de Zaragoza	Huesca	2009	2	1	4	2. Edad Antigua
La vida en una villa romana: La Olmeda	Sono	Palencia	2009	2	2	4	2. Edad Antigua
Basilica Foro Baelo Claudia	Eduardo Barragán	Cádiz	2009	1	1	4	2. Edad Antigua
Ronda - Baños árabes	Turismo de Ronda S.A.	Málaga	2009	2	1	4	3. Edad Media
Numancia	Artehistoria	Soria	2009	2	3	4	3. Edad Media
Zaragoza 1808	Luis Sorando López	Zaragoza	2009	1	4	4	5. Contemporánea
Ciudad Romana de Baelo Claudia 3d	Eduardo Barragán	Cádiz	2010	2	3	4	2. Edad Antigua
Caesaraugusta. Recreación virtual.	Museo del Foro de Caesarau	Zaragoza	2010	4	4	4	2. Edad Antigua
Córdoba Califal	Entrete-Nido	Córdoba	2010	1	4	4	3. Edad Media
Animación 3d Alhambra	Neosmedia	Granada	2010	4	1	4	3. Edad Media
Castillo de Torres de Oeste, CatoirA	S. A. de Xestión do Plan Xaco	Pontevedra	2010	2	1	4	3. Edad Media
Yacimiento celtíbero-romano de Numancia	Revives	Guadalajara	2011	2	3	4	1. Prehistoria y protohistoria
Bastida de les Alcusses	Museu de Prehistòria de Valè	Valencia	2011	1	3	4	1. Prehistoria y protohistoria
Poblado ibérico Can Oliver	Diego Bravo López	Barcelona	2011	2	2	4	1. Prehistoria y protohistoria
Villa Romana de l'Albir	Universidad de Alicante	Alicante	2011	2	3	2	2. Edad Antigua
Castro celtibérico y necrópolis de Checa	Revives	Guadalajara	2012	2	1	4	1. Prehistoria y protohistoria
segobriga	Balawat	Cuenca	2012	3	1	3	2. Edad Antigua
la Hispalis romana	Past View Experience	Sevilla	2012	4	1	1	2. Edad Antigua
Fuente de Navidad, Cartagena	Diego Bravo López	Murcia	2012	2	1	4	2. Edad Antigua
Orihuela	Diego Bravo López	Alicante	2012	2	3	4	2. Edad Antigua
Castillo de Montefrío	Ideos Media	Granada	2012	3	1	4	3. Edad Media
Lorca	Patrimonio Inteligente	Murcia	2012	3	3	4	3. Edad Media
Castillo y judería de Ribadavia	Revives	Pontevedra	2012	2	1	4	3. Edad Media
Isbiliya	Past View Experience	Sevilla	2012	4	1	1	3. Edad Media
la Sevilla de Cervantes	Past View Experience	Sevilla	2012	4	1	1	4. Edad Moderna
Ad Legionem	Revives	León	2013	2	2	4	2. Edad Antigua
Cartagena	Balawat	Murcia	2013	2	3	3	2. Edad Antigua
La Curia de Labitolosa	Gobierno Aragón	Aragón	2013	2	1	4	2. Edad Antigua
Córdoba en 3D	Entrete-Nido	Córdoba	2013	1	4	4	2. Edad Antigua
Villa Romana de Salar 3D	Infostudio	Granada	2013	2	2	4	2. Edad Antigua
Asturica	Ayto. Astorga	León	2013	1	3	3	2. Edad Antigua
Munigua	Thomas Schattner	Sevilla	2013	1	2	4	2. Edad Antigua
Barrio bizantino Cartagena	Balawat	Murcia	2013	2	1	3	3. Edad Media
Iberian Citadel of Calafell	J.R. Casals	Barcelona	2014	2	1	3	1. Prehistoria y protohistoria
Castro de Coaña	Egobarro	Asturias	2014	1	2	3	1. Prehistoria y protohistoria
Contributa Iulia	Balawat	Badajoz	2014	1	3	3	2. Edad Antigua
Corduba romana	VirTimePlace	córdoba	2014	1	4	1	2. Edad Antigua
Cartago Nova	VirTimePlace	murcia	2014	1	4	1	2. Edad Antigua
Mérida romana	VirTimePlace	cáceres	2014	1	4	1	2. Edad Antigua
Barcino	VirTimePlace	Barcelona	2014	1	4	1	2. Edad Antigua
Puerta del Sol Jaen	UJA	Jaen	2014	1	1	5	2. Edad Antigua
Córdoba s. X	VirTimePlace	cordoba	2014	1	4	1	3. Edad Media
Barcelona XIV	Past View Experience	Barcelona	2014	4	1	1	3. Edad Media
Born 1714	J.R. Casals	Barcelona	2014	3	2	3	4. Edad Moderna
Masnou S.XIX	J.R. Casals	Barcelona	2014	2	3	3	5. Contemporánea
La Bastida	Revives	Murcia	2015	3	4	4	1. Prehistoria y protohistoria
Phoenician settlement of Sa Caleta	J.R. Casals	Baleares	2015	2	2	3	1. Prehistoria y protohistoria
Empuries	International Augmented Med	Girona	2015	1	2	4	2. Edad Antigua
Briviesca XIV	3DUBU	Burgos	2015	3	3	4	3. Edad Media
Memoria de la Qubba	Ideos Media	Granada	2015	4	1	4	3. Edad Media
Alicerces	Diputación Ourense	Ourense	2015	1	4	4	3. Edad Media
La Seu d'Urgell S.XIV	J.R. Casals	Lleida	2015	2	3	3	3. Edad Media
Bejaque	PAR	guadalajara	2015	3	1	4	3. Edad Media
Castillo de Castril	Ideos Media	Granada	2015	2	1	4	3. Edad Media
Peña del Castro	3DUBU	León	2016	4	2	1	1. Prehistoria y protohistoria
Ullastret	Generalitat de Catalunya	Gerona	2016	3	4	4	1. Prehistoria y protohistoria
Els Vilars d'Alberca	J.R. Casals	Lérida	2016	1	3	3	1. Prehistoria y protohistoria
Montaje en 3D de la Villa Romana de Cuevas	SPK Comunicación	Soria	2016	2	2	4	2. Edad Antigua
Termas de Itálica	TVE	Sevilla	2016	2	1	4	2. Edad Antigua
Baelo Claudia	La Sibila	Cádiz	2016	3	3	1	2. Edad Antigua

3D restitution of Centcelles - Constantí	Museu Nacional Arqueològic	Tarragona	2016	1	1	4 2. Edad Antigua
Ciutat del Born de Barcelona	Diego Bravo López	Barcelona	2016	2	2	4 4. Edad Moderna
Santander 1941	3DIntelligence	Cantabria	2016	2	1	3 5. Contemporánea
Segeda	Revives	Zaragoza	2017	3	2	3 1. Prehistoria y protohistoria
Tarraco	Balawat	Tarragona	2017	2	4	3 2. Edad Antigua
Merida Romana (Augusta Emerita)	VirTimePlace	Badajoz	2017	1	3	4 2. Edad Antigua
Vinamargo 3D	AD&D 4D	Castellón	2017	3	3	1 2. Edad Antigua
Proyecto Alhambra	Origins Producciones	Granada	2017	4	3	4 3. Edad Media
Huétor Tájar	Ideos Media	Granada	2017	3	1	4 3. Edad Media
Madinat al Zahra La Ciudad Brillante	Bosco	Córdoba	2017	2	3	4 3. Edad Media
Arco del Postigo	SevillaFlash	Sevilla	2017	2	1	4 4. Edad Moderna
Roquízal del rullo	El Ranchito	Madrid	2018	3	2	4 1. Prehistoria y protohistoria
RV 'Altamira, la cueva animada'	Museo Nacional, Museo de A	Cantabria	2018	2	1	4 1. Prehistoria y protohistoria
Tarraco	SETOPANT (URV/ICAC)	Tarragona	2018	2	3	5 2. Edad Antigua
Cástulo	Origins Producciones	Jaén	2018	2	3	4 2. Edad Antigua
Burgos XV	3DUBU	Burgos	2018	1	4	5 3. Edad Media
Mentesa Orentana	Revives	Ciudad Real	2018	2	3	4 3. Edad Media
Les Besses medieval village	J.R. Casals	Lleida	2018	3	2	3 3. Edad Media
Toledo S.VII	J.R. Casals	Toledo	2018	2	4	3 3. Edad Media
Puerto de A Coruña 1950	PAR	Galicia	2018	3	1	1 5. Contemporánea
Checa	Revives	Guadalajara	2019	3	2	4 1. Prehistoria y protohistoria
Castil de griegos	Revives	Guadalajara	2019	2	1	4 1. Prehistoria y protohistoria
Cerro Bilanero	PAR	ciudad real	2019	4	1	3 1. Prehistoria y protohistoria
Oppidum Arrola	Desconocido	Bizkaia	2019	3	2	1 1. Prehistoria y protohistoria
Canovelles, from neolithic to industrial era	J.R. Casals	Barcelona	2019	2	2	3 1. Prehistoria y protohistoria
Villaricos	Balawat	Murcia	2019	2	1	3 2. Edad Antigua
Villa Romana de Almenara-Puras	Vision Studio	Valladolid	2019	3	1	4 2. Edad Antigua
Aquis Quercennis	Vision Studio	Ourense	2019	2	2	4 2. Edad Antigua
Ingeniería romana: Las ciudades I	TVE	España	2019	4	4	4 2. Edad Antigua
Ingeniería romana: Las ciudades II	TVE	España	2019	4	4	4 2. Edad Antigua
Tarraco RA	TVE	Tarragona	2019	2	3	2 2. Edad Antigua
Caesar Augusta	TVE	Zaragoza	2019	4	1	1 2. Edad Antigua
Itálica	TVE	Sevilla	2019	4	1	1 2. Edad Antigua
Ampuria	TVE	Girota	2019	4	1	1 2. Edad Antigua
Ingeniería romana: Los acueductos I	TVE	España	2019	4	2	4 2. Edad Antigua
Ingeniería romana: Los acueductos II	TVE	España	2019	4	2	4 2. Edad Antigua
Segobriga	VirTimePlace	Cuenca	2019	1	4	1 2. Edad Antigua
Templo de Podio, Munigua	Eduardo Barragán	Sevilla	2019	2	1	4 2. Edad Antigua
Termas romanas, Los baños	TVE	Zaragoza	2019	4	1	1 2. Edad Antigua
Santa Criz de Eslava	3dnararra	navarra	2019	2	4	4 2. Edad Antigua
Desmontando Santiago	MBC Audiovisuales para TVG	A Coruña	2019	2	3	4 2. Edad Antigua
Desmontando a túa cidade	MBC Audiovisuales para TVG	Galicia	2019	2	4	4 2. Edad Antigua
Desmontando Rande	MBC Audiovisuales para TVG	Pontevedra	2019	2	1	4 2. Edad Antigua
Desmontando Ourense	MBC Audiovisuales para TVG	Ourense	2019	2	3	4 2. Edad Antigua
Desmontando a comarca do Eume	MBC Audiovisuales para TVG	A Coruña	2019	2	2	4 2. Edad Antigua
Desmontando A Costa da Morte	MBC Audiovisuales para TVG	A Coruña	2019	2	2	4 2. Edad Antigua
Desmontando A Coruña	MBC Audiovisuales para TVG	A Coruña	2019	2	3	4 2. Edad Antigua
Desmontando Lugo	MBC Audiovisuales para TVG	Lugo	2019	2	3	4 2. Edad Antigua
Madīnat al-Zahrā, la ciudad brillante, ca 970	J.R. Casals	Córdoba	2019	3	3	3 3. Edad Media
Mosque of Cordoba and Medina Azahara	Córdoba travellers	Córdoba	2019	2	3	4 3. Edad Media
Vitoria-Gasteiz	3DUBU	Alava	2019	4	3	4 3. Edad Media
Plasencia	patrimonio virtual	Cáceres	2019	3	1	3 3. Edad Media
Pamplona	3dnararra	navarra	2019	1	3	3 3. Edad Media
San Sebastián	José Javier Pi Chevrot	Guipuzkoa	2019	2	4	5 5. Contemporánea
Vitoria-Gasteiz XIX	Arkikus	Álava	2019	3	2	2 5. Contemporánea
Ciudad Universitaria de Madrid	Patrimonio Virtual	Madrid	2019	2	1	3 5. Contemporánea
Villa romana de Can Terrers	J.R. Casals	Barcelona	2020	3	2	3 2. Edad Antigua
Roman villa of Les Cabanyes	J.R. Casals	Barcelona	2020	3	1	3 2. Edad Antigua
Roman villa of Vilarenc, Calafell	J.R. Casals	Tarragona	2020	3	1	3 2. Edad Antigua
Segovia S.II	J.R. Casals	Segovia	2020	2	4	3 2. Edad Antigua
Forum pecuarium of Confluenta, Duratón	J.R. Casals	Segovia	2020	2	1	3 2. Edad Antigua
la olmeda	Balawat	Palencia	2020	3	1	4 2. Edad Antigua
Caraca: La Ciudad Resurgida	Revives	Guadalajara	2020	2	3	4 2. Edad Antigua
Valentia	dg_arqueo	valencia	2020	2	3	3 2. Edad Antigua
Los Bañales S viii	Pablo Serrano Basteiro	zaragoza	2020	2	1	4 2. Edad Antigua
Peñaflor	Torrejón Estudio	Ciudad Real	2020	2	3	3 2. Edad Antigua
Desmontando Lugo cidade	MBC Audiovisuales para TVG	Lugo	2020	2	3	4 2. Edad Antigua

Desmontando Ribeira Sacra	MBC Audiovisuales para TVG Ourense		2020	2	2	4	2. Edad Antigua
Desmontando a capital de Galicia	MBC Audiovisuales para TVG A Coruña		2020	2	4	4	2. Edad Antigua
Desmontando O Salnés	MBC Audiovisuales para TVG Pontevedra		2020	2	2	4	2. Edad Antigua
Desmontando a liña de alta velocidade	MBC Audiovisuales para TVG Galicia		2020	2	2	4	2. Edad Antigua
Desmontando Vigo	MBC Audiovisuales para TVG Pontevedra		2020	2	3	4	2. Edad Antigua
Desmontando Pontevedra	MBC Audiovisuales para TVG Pontevedra		2020	2	3	4	2. Edad Antigua
Desmontando Ferrol	MBC Audiovisuales para TVG A Coruña		2020	2	2	4	2. Edad Antigua
Mezquita de Córdoba	Gregoire Valayer	Córdoba	2020	2	1	4	3. Edad Media
Villa romana de Santa Lucía S.IV	J.R. Casals	Segovia	2020	2	1	3	3. Edad Media
San Vicente	Arkikus	La Rioja	2020	4	2	2	3. Edad Media
Castillo de la Estrella y Montiel	UCLM	Ciudad Real	2020	2	3	3	3. Edad Media
Aguilar de la Frontera	VirTimePlace	córdoba	2020	1	3	3	3. Edad Media
platerias martinez	ESCOND	Madrid	2020	2	1	6	4. Edad Moderna
Granada XVI	Past View Experience	Granada	2020	4	1	1	4. Edad Moderna
Plaza de Portier	Marta Alonso	Asturias	2020	4	1	3	4. Edad Moderna
Puerta del sol	ESCOND	Madrid	2020	2	2	6	5. Contemporánea
<i>*NDD: Nivel de detalle</i>							
<i>**Destino: formato de visualización. 1, Realidad virtual; 2, Realidad aumentada, 3, Imagen, 4: Audiovisual, 5: varios, 6: otros.</i>							

Anexo II.

Imágenes finales de la reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz en el siglo XII.



Nivel de detalle 1: volúmenes simples.



Nivel de detalle 3: modelado de resolución media.

Anexo III.

Cuestionario realizado en el análisis cualitativo.

ENCUESTA PARA TESIS DOCTORAL

SOBRE LA DIFUSIÓN DEL PATRIMONIO

La reconstrucción virtual del patrimonio es una disciplina que recrea digitalmente cómo pudieron haber sido entornos, edificios y núcleos urbanos en algún momento de su pasado.

Rellenando esta encuesta, nos ayuda a comprender mejor cómo desarrollar esta disciplina. Los resultados serán parte de una tesis doctoral del programa de Humanidades y Comunicación de la Universidad de Burgos. Si quiere mantenerse al tanto de los resultados de esta investigación puede seguirnos en nuestras redes sociales: @itaca_ubu o escribiendo al investigador Mario Alaguero Rodríguez: malaguero@ubu.es

En este caso, tendrá que contestar a una serie de preguntas sobre una reconstrucción virtual de Vitoria-Gasteiz durante la Edad Media.

1.1 Edad:

- <12 Entre 13 y 18 Entre 19 y 35 Entre 36 y 60 >60

1.2 Género

- Mujer Hombre Otro

1.3 Conocimientos previos sobre historia medieval

- Nada Muy poco Poco Bastante Mucho

1.4 Interés por el patrimonio cultural

- Nada Muy poco Poco Bastante Mucho

1.5 Nivel de estudios

- E.G.B. / Enseñanza Primaria
 E.S.O. / Graduado Escolar
 Bachillerato / B.U.P.
 Formación Profesional
 Estudios superiores

¿Está relacionada su profesión u ocupación con el patrimonio histórico?

- Sí No

1. Fíjese en estas dos imágenes durante unos 10 segundos cada una.



Señale el grado de acuerdo de estas afirmaciones, donde 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

2.1 La segunda imagen es más detallada que la primera.

1 2 3 4 5

2.2 La segunda imagen es más atractiva que la primera.

1 2 3 4 5

2.3 La segunda imagen es más clara y comprensible que la primera.

1 2 3 4 5

2.4 La segunda imagen es, históricamente, más rigurosa que la primera

1 2 3 4 5

2.5 La segunda imagen ayuda a comprender mejor cómo era Vitoria-Gasteiz en la Edad Media

- 1 2 3 4 5

2.6 La primera imagen tiene suficiente detalle como para utilizarse para divulgar el pasado.

- 1 2 3 4 5

Teniendo en cuenta que el coste de la versión con más detalle (segunda imagen) puede llegar a suponer cuatro veces más que la primera imagen:

2.7 ¿Merece la pena la diferencia en el coste teniendo en cuenta el resultado?

- 1 2 3 4 5

2.8 Estoy de acuerdo con realizar proyectos de reconstrucción virtual aunque suponga un mayor coste para la Administración Pública.

- 1 2 3 4 5

Los proyectos de reconstrucción virtual, como este, se deben basar en un proceso de documentación muy sólido para garantizar su rigor histórico. En los casos en los que no hay suficiente información se puede optar por: mostrar solo la parte de la que se tiene información, realizar una hipótesis conjetural sobre cómo podía haber sido lo que no se sabe cómo era o, directamente, no realizar una reconstrucción. Teniendo en cuenta esto, valore su conformidad con los siguientes enunciados. Señale el grado de acuerdo de estas afirmaciones, donde 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

2.9 Es mejor una reconstrucción, aunque sea conjetural, a que no exista ninguna.

- 1 2 3 4 5

2.10 Si no se tiene suficiente información se debería desarrollar, al menos, una versión con menos detalle para que se pueda comprender un entorno histórico.

- 1 2 3 4 5

2.11 Una reconstrucción detallada puede tener licencias históricas aunque haya que inventarse información para poder atraer al público hacia el patrimonio.

- 1 2 3 4 5

2.12 Los expertos en historia y arqueología son los que tienen que tomar la decisión sobre qué hacer en estos casos.

- 1 2 3 4 5

Continúa en la siguiente página.

2. Fíjese ahora en estas imágenes



Señale el grado de acuerdo de estas afirmaciones: 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

3.1 A esta distancia es más perceptible la diferencia entre ambas imágenes.

1 2 3 4 5

3.2 La segunda imagen es más detallada que la primera.

1 2 3 4 5

3.3 La segunda imagen es más atractiva que la primera.

1 2 3 4 5

3.4 La segunda imagen es más clara y comprensible que la primera.

1 2 3 4 5

3.5 La segunda imagen es visualmente realista.

1 2 3 4 5

3.6 La segunda imagen despierta más mi curiosidad que la primera.

1 2 3 4 5

3.7 La primera imagen es suficiente para comprender y valorar el patrimonio desaparecido.

1 2 3 4 5

Anexo IV.

Base de datos de respuestas al cuestionario del análisis cuantitativo.

Anexo IV. Base de datos de respuestas al cuestionario del análisis cuantitativo.

Los códigos numéricos de cada columna se corresponden con cada una de las preguntas del cuestionario.

Para relacionar cada código con cada cuestión puede revisar el anexo anterior.

Código	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	
1	3	2	4	4	5	2	4	4	3	3	3	5	4	4	4	4	3	4	5	5	5	4	4	5	4	
2	4	1	3	4	5	2	5	5	5	5	5	3	4	5	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	4	
3	5	2	2	4	5	2	5	5	5	3	4	5	2	5	5	4	3	4	5	5	5	5	5	4	5	5
4	5	2	3	4	5	2	5	3	3	4	4	4	2	3	4	5	2	5	5	5	4	4	5	3	5	
5	5	2	4	4	5	2	5	5	5	3	3	3	4	4	5	5	5	3	5	5	4	4	4	4	5	
6	4	1	3	5	5	2	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
7	4	2	4	5	3	2	5	5	5	5	5	1	5	5	3	4	1	5	5	5	5	5	5	5	1	
8	3	1	4	4	5	1	5	3	4	3	4	4	4	4	3	3	2	3	5	5	5	5	4	5	5	
9	5	2	4	5	5	1	5	5	5	2	1	5	1	5	5	5	1	5	5	5	4	4	4	5	5	
10	3	1	5	5	5	1	5	5	5	5	5	2	4	5	3	4	1	5	5	5	5	5	5	5	3	
11	5	1	3	4	4	2	5	5	5	3	4	4	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	4	5	3	
12	3	2	4	4	5	2	5	4	3	3	4	5	4	4	5	4	3	4	5	5	5	4	4	5	4	
13	5	1	1	3	1	2	3	1	3	5	3	5	3	1	5	5	4	4	3	4	3	5	3	4	5	
14	5	1	3	4	4	2	5	4	4	3	3	4	4	4	3	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	
15	4	2	3	4	5	2	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	
16	5	2	5	5	5	1	5	5	5	3	5	3	5	5	3	3	1	5	5	5	5	5	5	5	3	
17	3	2	5	5	5	1	4	5	4	4	4	3	5	5	5	4	2	5	5	5	5	5	4	5	3	
18	3	2	5	5	5	1	5	5	4	4	4	3	5	5	4	4	1	5	1	5	4	4	4	5	5	
19	4	1	4	5	5	2	5	5	5	5	5	1	5	5	3	5	1	5	5	5	5	5	5	5	1	
20	4	1	4	5	5	1	4	5	3	4	4	4	4	4	2	2	3	3	3	4	3	5	4	5	4	
21	4	1	3	4	1	2	5	5	2	3	2	5	1	5	5	5	3	5	5	5	4	4	4	5	4	
22	3	1	4	5	4	2	5	5	4	3	2	5	2	5	5	5	4	5	5	5	3	4	5	4	3	
23	5	1	4	4	3	2	4	5	5	4	5	1	4	1	3	5	3	5	5	5	4	5	5	5	4	
24	4	1	4	5	5	1	5	5	3	2	3	5	1	4	4	5	2	5	5	5	4	4	5	5	4	
25	5	1	3	4	2	2	5	5	3	3	2	5	2	4	4	4	3	4	5	5	5	5	5	5	5	
26	4	2	4	4	3	1	5	5	5	5	5	3	5	5	4	5	1	5	5	5	5	5	5	5	4	
27	5	1	4	5	5	2	4	4	4	1	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	
28	4	1	3	4	4	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	
29	5	2	4	5	3	2	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	4	
30	3	1	3	4	4	2	1	5	5	1	3	4	5	4	3	4	2	3	5	5	2	5	3	5	3	
31	3	2	4	5	5	2	5	5	3	3	4	3	4	5	1	3	4	5	5	5	4	2	4	5	4	
32	3	2	4	4	4	1	5	4	2	3	3	3	4	3	3	2	1	5	4	5	4	3	4	5	4	
33	3	1	3	4	5	2	5	5	5	4	5	3	2	3	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	3	
34	4	1	3	4	4	2	5	4	5	4	3	2	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	4	5	3	
35	4	1	3	4	5	2	4	2	2	2	3	4	3	4	4	4	4	5	4	4	2	4	4	2	4	
36	2	1	3	4	1	2	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	
37	2	1	4	4	2	2	5	4	1	5	5	5	5	5	2	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	
38	4	1	3	5	3	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	
39	4	2	2	3	4	2	5	5	5	4	5	3	4	4	5	4	2	5	4	5	5	5	5	5	4	
40	4	1	3	4	5	2	4	4	4	2	3	2	4	4	5	5	1	5	4	4	4	4	3	4	4	
41	3	2	4	5	5	1	5	5	4	3	4	4	4	4	3	4	4	5	5	4	4	4	3	4	4	
42	4	1	2	4	5	2	5	5	4	4	4	4	3	4	3	4	3	5	5	5	4	4	5	5	5	
43	4	1	4	4	5	2	5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	3	5	3	5	5	3	5	5	3	
44	4	1	4	4	5	2	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	
45	4	1	2	4	2	2	5	4	5	4	3	2	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	4	5	3	
46	4	1	2	3	4	2	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	3	5	5	5	4	4	5	5	4	
47	4	1	3	3	5	2	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	
48	4	1	3	3	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
49	3	2	4	4	5	1	5	5	5	2	5	5	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	
50	3	1	2	3	5	2	5	5	5	4	5	3	5	5	3	4	3	4	5	5	5	5	5	5	2	
51	4	1	3	5	5	1	5	5	2	3	5	4	4	5	2	2	1	5	3	5	5	3	5	5	3	
52	4	1	3	4	5	2	5	3	3	4	3	3	3	5	4	4	4	4	2	5	4	4	4	4	4	
53	3	1	3	4	5	2	5	4	2	2	2	4	4	4	3	5	2	2	4	1	3	4	3	3	5	
54	4	2	4	5	5	2	5	5	5	3	3	5	2	3	4	5	2	4	5	5	4	4	5	5	5	
55	3	1	3	4	4	1	5	4	3	3	3	5	2	2	5	5	2	4	5	5	4	4	5	5	4	
56	4	1	4	5	5	1	5	5	5	4	5	3	4	4	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	
57	4	2	4	5	5	1	5	5	3	2	4	4	4	4	4	4	2	3	5	5	5	4	4	5	5	
58	4	2	2	4	5	2	5	4	2	5	5	5	2	4	5	5	2	5	5	5	4	4	5	5	5	
59	3	2	3	5	5	1	5	5	3	2	5	2	3	5	2	5	3	5	5	5	5	5	3	4	4	
60	3	1	3	4	5	2	5	5	5	3	5	3	3	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5	3	
61	3	2	3	4	5	2	4	5	4	3	4	3	3	4	3	4	2	4	5	5	4	4	4	4	4	
62	4	2	3	4	5	2	5	5	3	4	5	4	2	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	
63	3	2	3	4	5	2	5	5	5	4	5	3	3	4	5	4	3	4	4	5	5	4	4	5	2	
64	4	1	3	4	5	2	5	5	5	3	5	5	3	4	4	3	1	3	5	5	5	4	4	5	4	
65	3	1	3	4	5	2	5	3	4	3	4	5	2	3	4	4	2	4	4	5	4	4	5	5	3	
66	4	2	2	4	5	2	5	5	5	4	5	3	4	4	4	5	2	5	4	4	4	4	4	4	4	
67	4	1	2	4	5	2	5	5	5	1	4	5	3	4	1	1	1	4	5	5	5	5	5	5	5	
68	5	1	3	4	5	2	5	5	5	5	5	5	3	3	5	3	3	3	5	5	5	5	5	5	2	
69	5	2	3	4	3	2	5	5	5	5	5	5	1	1	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	
70	5	1	3	4	5	2	5	5	5	3	5	2	1	5	1	4	3	5	5	5	5	5	5	5	5	
71	5	1	3	5	5	2	5	5	5	2	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	
72	4	1	3	4	5	2	5	5	5	3	4	4	4	3	1	5	2	3	5	5	5	5	5	5	5	
73	3	1	4	4	4	2	5	4	4	3	2	5	3	5	5	5	3	5	5	5	4	4	5	5	4	
74	4	1	3	5	3	2	5	3	5	3	5	5	5	5	4	5	4	5</								

157	2	2	4	4	2	2	5	3	1	4	2	1	5	4	1	2	2	4	4	5	3	4	3	5	2
158	4	2	3	5	4	2	5	5	4	2	3	5	1	3	3	3	1	5	3	5	5	2	3	5	5
159	4	1	2	4	4	2	5	4	3	2	1	4	4	3	2	4	1	5	5	5	5	4	3	5	4
160	4	2	3	4	5	2	5	5	5	3	4	4	4	1	1	1	5	4	5	5	5	4	5	3	
161	4	1	3	4	1	1	5	5	5	2	4	4	3	5	4	3	5	3	5	4	5	5	4	5	
162	2	1	3	4	3	2	5	4	5	5	5	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	3	3	5	
163	4	1	3	4	5	2	4	4	4	2	3	2	4	4	4	4	3	4	4	5	5	5	5	2	
164	4	2	4	5	5	2	5	4	5	3	4	2	4	4	4	4	2	4	4	5	4	4	3	4	
165	4	2	4	4	4	2	4	4	4	4	3	4	4	2	3	3	2	5	4	5	4	4	4	4	
166	3	1	2	4	4	2	5	4	5	3	5	5	4	3	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	
167	4	2	3	4	5	2	5	4	4	2	3	3	2	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	3	
168	4	1	4	4	5	2	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
169	4	2	4	4	5	2	5	4	5	4	3	3	5	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	
170	3	2	4	4	5	2	4	4	4	3	5	4	4	4	4	3	1	4	4	5	3	4	5	3	
171	3	2	3	3	5	2	5	5	5	5	5	5	3	4	4	3	4	5	5	5	5	5	5	5	
172	2	1	3	3	4	2	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	3	
173	4	1	3	5	5	2	5	5	1	1	5	3	1	5	5	5	5	5	5	5	1	3	5	1	
174	4	1	3	4	5	2	5	3	3	5	5	3	4	4	3	4	1	4	5	5	4	4	4	5	
175	4	2	3	5	4	2	5	5	4	5	3	5	3	3	2	5	3	5	5	5	5	5	5	3	
176	3	1	3	4	5	2	5	5	5	5	5	2	5	5	4	3	1	5	5	5	5	5	5	3	
177	3	2	3	4	5	2	4	4	4	3	3	4	5	4	5	3	5	5	5	5	4	4	3	4	
178	3	1	2	4	5	2	4	5	4	3	4	4	4	5	4	5	3	5	5	5	4	4	3	5	
179	4	2	3	4	4	2	5	4	4	3	4	2	4	4	1	2	1	5	5	4	3	4	4	4	
180	4	1	3	4	4	2	5	5	5	4	5	2	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	3	
181	4	1	4	4	5	2	4	4	4	3	3	4	2	1	1	4	1	1	4	4	4	1	1	4	
182	4	2	3	4	5	2	5	4	5	3	4	3	4	4	4	3	2	5	5	5	5	5	4	3	
183	4	1	3	4	5	2	5	3	3	3	3	1	5	4	3	4	3	4	4	5	5	5	4	2	
184	5	2	5	5	5	2	5	3	3	3	3	1	5	3	5	4	3	4	5	5	5	5	4	4	
185	4	1	3	5	5	2	5	5	5	3	5	5	4	4	5	4	4	5	2	4	4	4	3	4	
186	4	2	3	5	5	2	5	5	3	2	5	4	4	4	2	4	1	5	5	5	3	3	1	4	
187	4	1	3	5	5	2	5	5	5	5	5	5	1	2	5	5	1	3	5	5	5	5	1	5	
188	4	1	3	4	5	2	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	
189	2	2	3	4	3	2	3	4	4	5	4	2	2	4	2	4	2	4	5	5	4	5	4	5	
190	4	2	2	4	4	2	5	3	4	3	3	4	4	5	5	3	2	5	5	4	3	3	5	3	
191	4	1	3	4	5	2	5	5	3	5	5	1	5	5	5	5	2	5	5	5	3	5	5	3	
192	4	2	2	3	5	2	5	5	5	4	5	1	5	5	4	4	3	5	5	5	5	5	5	1	
193	4	1	2	5	5	2	5	5	5	1	4	5	5	4	3	5	1	5	5	5	5	5	5	5	
194	3	1	3	4	5	2	5	5	5	5	5	3	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	3	
195	2	2	3	4	1	2	5	5	5	4	4	5	5	3	3	5	5	2	5	5	5	5	4	3	
196	4	2	3	4	3	2	5	5	5	5	5	2	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	3	
197	3	2	4	4	5	2	5	3	3	2	4	3	2	4	4	2	5	4	4	5	3	3	5	2	
198	4	1	2	5	2	2	5	5	5	3	5	4	4	4	4	4	2	5	5	5	5	3	5	4	
199	5	1	4	4	5	1	5	5	5	4	4	2	4	4	4	3	2	5	5	5	5	5	5	3	
200	3	2	2	3	5	2	5	5	5	5	5	2	3	4	3	4	1	3	5	5	5	5	5	1	
201	3	1	3	5	5	1	5	5	4	4	5	2	4	3	4	4	3	5	5	5	4	5	4	2	
202	4	3	3	4	5	2	5	5	4	4	5	4	4	3	5	4	3	5	3	5	4	5	5	2	
203	3	2	2	2	5	2	5	5	4	4	5	2	4	4	2	4	4	4	5	5	5	5	4	2	
204	3	2	2	4	3	2	5	5	5	5	5	4	2	3	5	5	1	4	2	5	5	5	5	5	
205	4	2	3	4	5	2	5	5	5	3	3	4	5	5	5	5	3	5	5	5	5	3	3	3	
206	4	1	3	4	5	2	5	5	3	5	5	4	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4	3	5	
207	4	1	3	4	5	2	5	5	5	5	5	2	5	5	2	3	3	5	5	5	5	5	5	3	
208	4	1	3	5	5	2	5	5	3	3	3	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	4	4	3	
209	4	2	4	4	5	2	5	5	5	5	5	3	5	5	4	2	5	5	5	5	5	5	4	4	
210	5	1	3	4	4	2	5	4	3	3	4	5	4	3	4	4	3	3	2	5	5	3	2	3	
211	5	1	2	5	4	2	4	1	5	2	4	2	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	2	
212	4	1	3	4	4	2	5	5	4	5	5	5	4	4	4	4	2	3	5	5	4	4	4	3	
213	4	2	3	4	3	1	5	5	5	3	4	4	3	4	4	3	3	5	5	5	4	4	4	5	
214	3	2	3	3	3	2	5	5	5	3	4	5	4	4	2	4	3	5	5	5	5	5	2	4	
215	5	1	1	3	2	2	5	5	5	1	4	3	3	5	5	4	4	5	5	5	5	5	1	5	
216	4	2	3	4	3	2	3	4	2	2	3	4	2	2	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	
217	4	2	3	5	5	2	5	5	5	3	4	3	4	4	3	4	4	5	5	5	5	4	5	3	
218	4	1	3	5	5	2	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	3	
219	4	1	3	5	4	2	5	5	3	5	1	5	2	3	5	5	1	5	3	5	5	3	5	4	
220	3	1	3	4	5	1	5	5	5	5	1	4	4	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	4	
221	5	1	3	4	5	2	5	5	5	1	5	2	3	4	5	5	1	4	2	2	2	2	2	4	
222	4	2	4	4	5	2	5	3	1	1	1	5	1	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	1	
223	5	2	3	5	5	2	5	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	5	3	3	4	4	4	3	
224	5	1	3	5	5	1	5	2	2	2	4	4	1	1	3	2	4	5	5	5	5	5	2	5	
225	4	1	3	3	5	2	5	5	5	3	4	2	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	3	
226	4	1	3	4	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	4	5	5	5	5	5	5	
227	3	2	3	4	5	1	5	5	5	3	5	3	4	5	5	5	2	4	5	5	5	5	3	5	
228	3	1	3	4	5	1	5	3	4	2	3	5	3	4	1	2	1	5	3	4	5	2	5	4	
229	4	2	4	4	5	2	5	5	5	3	3	3	3	3	2	3	2	4	4	4	5	5	4	3	
230	3	2	3	5	5	2	5	5	4	4	5	3	3	4	4	3	2	5	5	5	5	5	5	2	
231	4	1	3	4	5	2	5	5	5	5	5	3	4	4	3	2	3	5	5	5	5	5	5	5	
232	2	1	2	4	2	2	5	5	5	3	4	3	4	4	4	4	1	5	4	5	5	5	4	3	
233	3	2	3	4	5	2	5	5	2	3	3	4	4	4	4	4	2	5	2	5	5	4	4	5	
234	4	2	3	5	5	2	5	4	5	2	2	4	2	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	3	
235	4	2	3	4	5	2	5	5	5	3	4	4													

238	4	2	4	4	4	1	5	5	1	1	2	5	1	2	5	5	3	5	3	5	4	2	3	1	5
239	3	1	4	5	5	2	5	5	5	5	3	3	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	2
240	3	2	3	5	5	2	5	5	2	5	5	3	3	5	4	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5
241	2	1	2	4	4	2	4	3	4	2	4	4	5	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
242	4	1	3	4	5	2	5	5	5	3	5	4	3	4	4	3	1	5	5	5	5	5	3	5	5
243	4	2	3	4	4	2	5	4	5	3	4	3	4	3	4	4	2	2	5	4	4	4	3	3	3
244	3	1	4	5	5	2	5	5	5	3	4	5	4	5	5	4	2	2	5	5	5	5	5	5	5
245	3	2	2	5	5	2	1	4	4	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	1
246	2	2	4	5	5	2	5	4	4	4	4	3	4	4	4	4	1	3	5	5	5	5	4	5	3
247	3	2	2	4	4	2	5	4	3	3	4	3	3	4	4	4	4	5	5	5	4	4	5	4	5
248	3	1	4	5	5	1	5	4	3	1	2	5	2	4	1	2	1	5	1	5	4	3	1	2	5
249	4	1	3	4	5	2	5	5	5	4	5	1	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	1
250	4	1	3	4	5	2	5	3	4	5	4	4	3	5	5	5	3	4	5	5	4	4	5	5	4

Anexo V.

Enlace al vídeo completo del grupo focal.

<https://youtu.be/ybzT5C2eO7c>

