



LA REALIDAD VIRTUAL AL SERVICIO DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO
UNA EXPERIENCIA INMERSIVA EN LA CIUDAD IBERO-ROMANA DE LUCENTUM



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

AUTOR: JAVIER LÓPEZ BAEZA

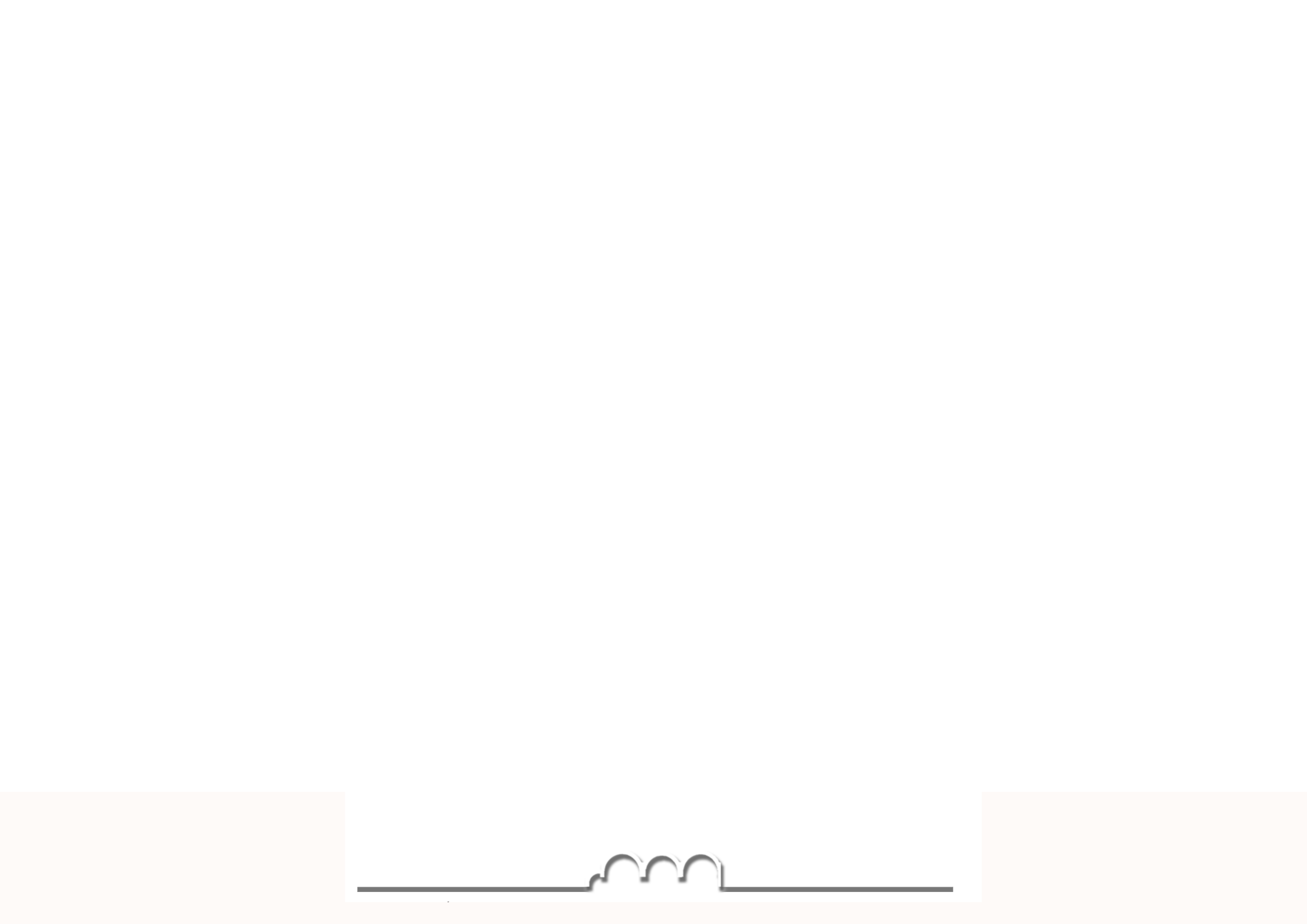
TUTORA: YOLANDA HERNÁNDEZ
COTUTOR: PASQUALE DE DATO

GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
CURSO ACADÉMICO (2021-2022)



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA



“Antes las distancias eran mayores porque el espacio se mide por el tiempo”

- Jorge Luis Borges -



RESUMEN

Las tecnologías actuales basadas en realidades digitales, acompañadas de intervenciones de conservación, se presentan como una herramienta para poner en valor y divulgar el patrimonio. Se plantea la realización de los estudios previos para la conservación de algún caso concreto y se desarrollará una aplicación de realidad aumentada/virtual con el fin de generar una experiencia interactiva para disfrute del patrimonio.

Dentro de todas las posibilidades estudiadas como objetivo de conservación, la balanza se decantó por la reconstrucción de la ciudad de *Lucentum*, en primera instancia sin elección de un emplazamiento concreto, enmarcando la ciudad en su totalidad y con miras a concretarla una vez realizada la primera visita. La elección definitiva de las Termas llegó, a posteriori, por el hecho de ser una de las partes mejor conservadas de todo el complejo y, al mismo tiempo, ser un recinto donde la actividad desarrollada en él reflejaba a la perfección la forma de vida y la cultura del periodo romano de su historia.

Las demandas transmitidas por visitantes habituales de estas ruinas, que ven su potencial desaprovechado y proponen diferentes tipos de intervenciones en las mismas, contribuyeron a colocarlas en primer lugar en la escala de intereses. Además de otras consideraciones técnicas o científicas, este ha sido el sentimiento personal que me liga a *Lucentum* y al patrimonio de mi ciudad.

Se han realizado visitas al yacimiento desde una edad muy temprana, desde las primeras donde el interés se centraba en los actores con vestimenta romana que figuraban como “atrezzo”, hasta las últimas, enfocadas al estudio, en los pasados meses. Como consecuencia ha surgido un sentimiento de tradición y conexión con los antepasados, los primeros habitantes que comenzaron a desarrollar lo que hoy se disfruta como ciudad natal. Esto ha concebido una atracción especial por el Tossal de Manises, pero recientemente la relación a cambiado a un plano donde por fin poder aportar algo a *Lucentum* después de todo lo recibido y crecido con ella a lo largo de los años.

Palabras clave: Patrimonio; Conservación; Realidad virtual; *Lucentum*; Alicante; Ruinas.

RESUM

Les tecnologies actuals basades en realitats digitals, acompanyades d'intervencions de conservació, es presenten com una eina per posar en valor i divulgar el patrimoni. Es planteja la realització dels estudis previs per a la conservació d'algun cas concret i es desenvoluparà una aplicació de realitat augmentada/virtual amb la finalitat de generar una experiència interactiva per gaudir del patrimoni.

Dins de totes les possibilitats estudiades com a objectiu de conservació, la balança es va decantar per la reconstrucció de la ciutat de Lucentum, en primera instància sense elecció d'emplaçament concret, emmarcant la ciutat íntegrament i amb l'intenció de concretar una vegada realitzada la primera visita. L'elecció definitiva de les termes va arribar a posteriori per diferents motius, el fet de ser una de les parts millor conservades de tot el complex i al mateix temps ser un recinte on l'activitat compresa en ell, reflectia a la perfecció la forma de vida i cultura del període Romano de l'època.

Tot i que aquesta elecció tinga bases científiques i històriques demandades des de fa temps per habitants de la ciutat d'Alacant, usuaris i amants d'aquestes ruïnes que veuen el seu potencial desaprofitat i proposen diferents tipus d'intervencions, el fet va ajudar a col·locar-la en primer lloc en l'escala d'interessos, va ser el sentiment personal que em lliga a ella i al patrimoni de la meua ciutat.

S'han realitzat visites al jaciment des d'una edat molt primerenca, des de les primeres on l'interés se centrava en els actors amb vestimenta romana que figuraven com *atrezzo, fins a les últimes enfocades a l'estudi en els passats mesos. Com a conseqüència ha sorgit un sentiment de tradició i connexió amb els avantpassats, els primers habitants que van començar a desenvolupar el que hui es gaudeix com a ciutat natal. Això ha concebut una atracció especial pel Tossal de Manises, però recentment la relació a canviat a un pla on per fi poder aportar alguna cosa a *Lucentum després de tot el rebut i crescut amb ella al llarg dels anys.

Paraules clau: Patrimoni; Conservació; Realitat virtual; Lucentum; Alacant; Ruïnes.

ABSTRACT

Current technologies based on digital realities, accompanied by conservation interventions, are presented as a tool to enhance and disseminate heritage. It is proposed to carry out the preliminary studies for the conservation of a specific case and an augmented / virtual reality application will be developed in order to generate an interactive experience in the enjoyment of heritage

Within all the possibilities studied as a conservation objective, the balance opted for the reconstruction of the city of *Lucentum*, in the first instance without choosing a specific location, framing the city as a whole and with a view to specifying once the first visit was made. . The definitive choice of the hot springs came a posteriori for different reasons, the fact of being one of the best preserved parts of the entire complex and at the same time being an enclosure where the activity included in it, perfectly reflected the way of life and culture of the Roman period of the time.

Although this choice has scientific and historical bases demanded for a long time by inhabitants of the city of Alicante, users and lovers of these ruins who see their wasted potential and propose different types of interventions, which helped to place it in the first place on the scale of interests was the personal feeling that ties me to her and to the heritage of my city.

Visits to the site have been made from a very young age, from the first ones where the interest was focused on the actors in Roman attire that appeared as props, to the last ones focused on the study in recent months. As a result, a feeling of tradition and connection with ancestors has emerged, the first inhabitants who began to develop what is now enjoyed as a hometown. This has conceived a special attraction for the Tossal of Manises, but recently the relationship has changed to a plane where finally to be able to contribute something to *Lucentum* after everything received and grown with it over the years.

Keywords: Heritage; Conservation; Virtual reality;
Lucentum; Alicante; Ruins.

ÍNDICE

1_ INTRODUCCIÓN

1.1_ Contextualización

1.1.1_ Las ruinas de <i>Lucentum</i> , historia y patrimonio.....	13
1.1.2_ Termas de la muralla.....	15

1.2_ Realidad virtual, innovación y nuevas tecnologías

1.2.1_ ¿Que es la realidad virtual?.....	17
1.2.2_ Técnicas, ejemplos.....	19

1.3_ Objetivos

1.3.1_ Conexión con nuevos usuarios.....	23
1.3.2_ Facilitar la comprensión de elementos históricos.....	25
1.3.3_ Reconstruir las termas de la muralla de <i>Lucentum</i>	25

2_ METODOLOGÍA

2.1_ Fases

2.1.1_ Visitas al terreno.....	27
2.1.2_ Recopilación de imágenes.....	27
2.1.3_ Recopilación de planos existentes.....	29
2.1.4_ Planimetría 2D.....	31
2.1.5_ Plantilla para 3D.....	31
2.1.6_ Planimetría 3D.....	31

3_ DESARROLLO

3.1_ Levantamiento planimétrico de las termas.....	33
--	----

3.2_ Renderizado.....	55
-----------------------	----

3.3_ Inmersión en realidad virtual.....	75
---	----

4_ CONCLUSIONES.....	77
----------------------	----

5_ ANALISIS ODS.....	79
----------------------	----

6_ BIBLIOGRAFÍA.....	81
----------------------	----

7_ ÍNDICE DE FIGURAS.....	83
---------------------------	----

8_ ANEXOS

8.1_ Simulación de recorrido virtual

8.2_ Prueba interactiva del tribunal mediante *Oculus Quest*®

1_ INTRODUCCIÓN

1.1_ Contextualización

1.1.1_ Las ruinas de Lucentum, historia y patrimonio

El yacimiento arqueológico *Lucentum* se encuentra a pocos kilómetros del centro de la ciudad de Alicante, en un altiplano conocido como Tossal de Manises. En él se encuentran restos arqueológicos de relevante importancia, tanto del periodo íbero como del Romano, pertenecientes a la antigua ciudad romana de *Lucentum*, predecesora de la actual Alicante. (Olcina, M 2015)

Ocupa una extensión próxima a 5 hectáreas, la mitad de la cual corresponde al núcleo de población más antiguo, es decir, al periodo íbero (S IV a.C.), durante el que sus pobladores establecieron estrechos lazos comerciales y culturales con griegos, fenicios y tartesios del sur peninsular. La red de intercambios culturales dió lugar a lo que algunos historiadores romanos nombraron *Contestania*, una densa área comercial en torno a los ríos Segura y Vinalopó, que abarcó gran parte del sureste de la Península Ibérica, incluyendo la totalidad de la actual provincia de Alicante y el sur de la provincia de Valencia, marcada por un límite septentrional bajo el río Júcar y uno meridional sobre el río Segura, siendo esta, posiblemente, la ciudad conocida por los griegos como *Akra Leuké* (“*Ακρα Λευκή*”). Sin embargo, los restos de la población íbera son casi inexistentes, limitándose a algunos fragmentos de la muralla exterior. (Ramos, J 2018).

Tras la llegada de *Cartago* a la península, durante la segunda guerra púnica (218 a.C. - 201 a.C.), la ciudad se enriqueció con dicha cultura, lo que se puede observar a día de hoy en algunos de los restos conservados, al haber sido estos construidos sobre la antigua ciudad. (Ramos, J 2018).

Finalmente fueron los romanos los que, tras la conquista encabezada por *Publio Cornelio Escipión*, otorgaron a la ciudad el nombre de *Lucentum* y realizaron el levantamiento de lo que, prácticamente en plenitud, se considera el conjunto histórico de *Lucentum*, provisto, como cualquier ciudad romana, de infraestructuras tan características como templos, foros, cloacas o termas. (Ramos, J 2018).

El periodo de esplendor de *Lucentum* se ubica en torno al siglo 1 a.C. y el 1 d.C., sufriendo una desafortunada decadencia a finales de este último, siendo desalojada casi en su totalidad entre los siglos II y III, ante el fuerte enclave comercial del que se beneficiaba la ciudad vecina de *Ilici* (actual Elche), dotada de una mejor comunicación, tanto por mar como por tierra.

La última utilidad que se le dió al conjunto histórico de *Lucentum* fue la de cementerio musulmán, datado en los siglos X y XI. (Tourist Info 2015).

Todos estos datos han llegado a nuestro conocimiento gracias a diferentes labores de investigación y excavación en esta y otras áreas de la península, siendo Antonio Valcarcel Pío de Saboya y Moura, el que, en torno al año 1780, afirmó que los restos excavados personalmente en el Tossal de Manises pertenecían con certeza a la ciudad de *Lucentum*, contraponiéndose a teorías que la ubicaban lejos del ámbito alicantino. Posteriormente, Lafuente y Figueras, excavando en busca de ruinas griegas y cartaginesas, confirmaron esta teoría. (Asunción, J 2017).

Lucentum es considerado actualmente como uno de los yacimientos arqueológicos de mayor relevancia en la Comunidad Valenciana. Desgraciadamente, las medidas de conservación aplicadas en los últimos años no han sido las óptimas, ya que por intereses más bien económicos, se han priorizado las intervenciones residenciales, en concreto las que se encontraban entre la actual ciudad y las ruinas del puerto romano de la Albufereta, en lugar de actuaciones de conservación, causa principal por la cual han quedado sepultados infinidad de restos arqueológicos, los cuales no sirven más que de soporte para una civilización que oculta a otra, como si no se otorgara valor alguno a todo lo que hemos recibido y aprendido de nuestros antepasados. (Ediciones Plaza 2017).



Fig 1. Plano de Situación Tossal de Manises.

1.1.2_Termas de la muralla de Lucentum

Las termas romanas de *Lucentum* se dividen en dos áreas, las Termas de *Popllio*, poderoso liberto residente en la ciudad, subvencionadas por este y donadas a posteriori a la ciudad, y las Termas de la Muralla, de condición pública y situadas, como su propio nombre indica, en uno de los lindes de la muralla. Son estas últimas en las que centraremos los esfuerzos de estudio e investigación. (Tarraconensis 2016).

Las Termas de la Muralla fueron halladas por Francisco Figueras Pacheco y José Lafuente, en el proceso de una de sus excavaciones arqueológicas llevadas a cabo a mediados de 1930. Su nombre proviene de la intervención de derrumbamiento de parte de la muralla para realizar su levantamiento. Su construcción se localiza a mediados del siglo I a.C. y, al igual que otras obras semejantes, se dotaron de toda la infraestructura necesaria para completar la actividad social a la que estaban destinadas. (Goff, C 2019).

Se trataba de un edificio de grandes dimensiones en el que se conjugaban tanto baños calientes como fríos, masajes, actividades físicas e incluso reuniones sociales que otorgaban a estos centros el carácter de puntos de encuentro donde tratar todo tipo de temas y decisiones, siendo un claro ejemplo de profundidad y comprensión de la cultura romana. (Olcina, M 2015)

La manera de proceder y el itinerario a seguir consistían, en primer lugar, en el acceso de los clientes a la gran sala angular, el vestuario (*Apodyterium*), donde se desprendían de su vestimenta. A continuación, comenzaban su circuito termal accediendo a la primera de las salas, la sala fría, (*Frigidarium*) y, seguidamente, a la sala templada (*Tepidarium*), accediendo a través de estas a la sala caliente (*Caldarium*), consiguiendo así una graduación escalonada de la temperatura, favoreciendo unas condiciones óptimas de ingreso a las altas temperaturas de la sala principal. (Olcina, M 2015)

En el *Caldarium* se ofrecía la posibilidad de tomar un baño caliente en una especie de bañera o piscina (*Alveus*), y aliviar el posterior bochorno en una pila de agua tibia (*Labrum*) situada en un espacio resguardado, de geometría absidal. (Olcina, M 2015)

Tanto en el *Tepidarium* como en el *Caldarium*, se lograba alcanzar temperaturas elevadas, gracias a un interesante sistema de calefacción llamado *Hypocaustum*, proveniente de la técnica arquitectónica que Vitruvio denominó como *Suspensura*, basada en pilares cuadrados de ladrillos que soportaban un pavimento suspendido, a través de los cuales se propiciaba la circulación de aire caliente y su distribución monótona por toda la sala.

Este aire caliente procedía de unos hornos (*Praefurnium*), en los que se mantenía una combustión constante de leña o derivados de madera, que cumplían una doble función: la primera y mencionada anteriormente era la de caldear el ambiente y los pavimentos de las dependencias calientes de las termas, la segunda, la de calentar el agua necesaria para ofrecer baños calientes en el *Alveus*, la cual se canalizaba desde la caldera situada encima de la boca del horno hasta la piscina por una cañería que atravesaba el muro de contención divisorio. (Olcina, M 2015)

El circuito termal se completaba volviendo al *Frigidarium* donde se podía tomar un baño de agua fría para atemperar el cuerpo y retornar posteriormente a los vestuarios para recoger sus pertenencias y abandonar el complejo. (Olcina, M 2015)



Fig 2. Planimetría Termas de *Lucentum*.

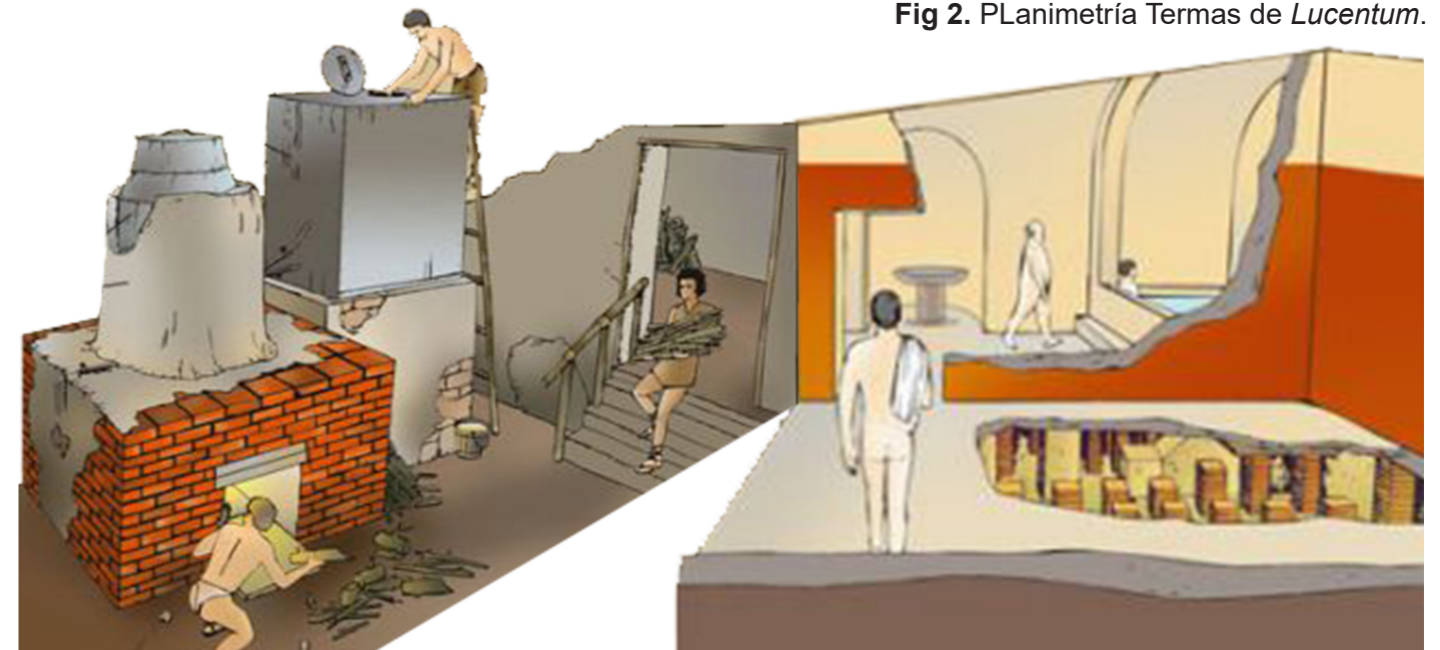


Fig 3. Reconstrucción horno termas de la muralla.

Fig 4. Reconstrucción *Tepidarium*.



Fig 5. Estado actual horno del *Tepidarium*.

Fig 6. Estado actual *hypocaustum*.

1.2_ Realidad virtual, innovación y nuevas tecnologías.

1.2.1_ ¿Que es la realidad virtual?.

La denominada “realidad virtual” es, como apunta la propia definición, una innovadora y puntera tecnología que permite crear, mediante la utilización de diferentes técnicas informáticas, escenarios ficticios en los que, usuarios ubicados en cualquier parte del mundo, puedan, mediante dispositivos de visualización, disfrutar de experiencias inmersivas que replican la realidad hasta el punto de “engañar” al cerebro, reproduciendo sensaciones y estímulos sensoriales muy similares a los obtenidos en espacios reales. (Virtual, M 2016).

En este sentido, debe diferenciarse la “realidad virtual” del concepto de “realidad inmersiva” que, pese a ser muy similar y tener objetivos comunes, presenta diferencias considerables. La “realidad virtual” consiste en la creación de escenarios virtuales. Sin embargo, la “realidad inmersiva” o “aumentada”, pone a disposición del usuario un escenario ya existente que, mediante cámaras de 360°, es recopilado y recreado en dispositivos de visualización. (LFVR 2019).

Podemos balizar la evolución en el tiempo de esta tecnología a través de diferentes avances y aportaciones que, poco a poco, han ido modelando lo que se conoce hoy en día como “realidad virtual”:

1957. Morton Heilig desarrolla un simulador denominado “Sensorama” que, mediante la combinación de imágenes en 3D, sonido, viento y olores, se acerca a crear una ilusión de realidad.

1961. Phillco Corp. crea el proyecto “Headsight”. consistente en un casco que incorporaba una pantalla a la altura de los ojos.

1965. Ivan Sutherland habla por primera vez del concepto de realidad virtual: consigue acoplar un casco a un ordenador, aunque, debido al peso de la tecnología de la época, este debía estar colgado del techo, haciéndolo poco cómodo, conociéndose posteriormente por este motivo como “La espada de Damocles”.

1982. Se estrena el clásico de ciencia ficción “Tron”, donde se trata a la realidad virtual como protagonista, definiendo estéticas que se asemejan a alguno de los últimos modelos del mercado de hoy en día. Ese mismo año, Jaron Lainer desarrolla la tecnología “Data Glove”, sobre la base de unos guantes capaces de reconocer el movimiento.

1993. SEGA desarrolla el formato de gafas de realidad virtual que anticiparía los modelos actuales, aunque no llegó a comercializarse por motivos de exclusividad y salud.

1999. Se estrena el éxito taquillero “Matrix” donde se muestra un mundo virtual que ofrece infinitas posibilidades, llevando a los espectadores a imaginar las numerosas aplicaciones que podría llegar a ofrecer esta tecnología en el futuro.

2000. Lanzamiento de “Second life”, un juego en el que se manejaban avatares personalizables con el propósito de llevar una vida ficticia y paralela a medida de casa usuario.

2010. Palmer Luckey desarrolla el prototipo “Oculus Rift”, el cual, al igual que la compañía Oculus, fue comprado poco después por Facebook.

2014. Tras el interés mostrado por Facebook, el resto de empresas tecnológicas comenzaron su propia carrera por crear un proyecto competente de realidad virtual, sacando al mercado una infinidad de modelos, de distintos materiales y gamas diversas.

2016. La carrera finaliza con tres claros ganadores que, tanto por su calidad como sus precios asequibles, se antepusieron al resto: “Oculus” “HTC” y “Playstation”. (Virtual, M 2016).

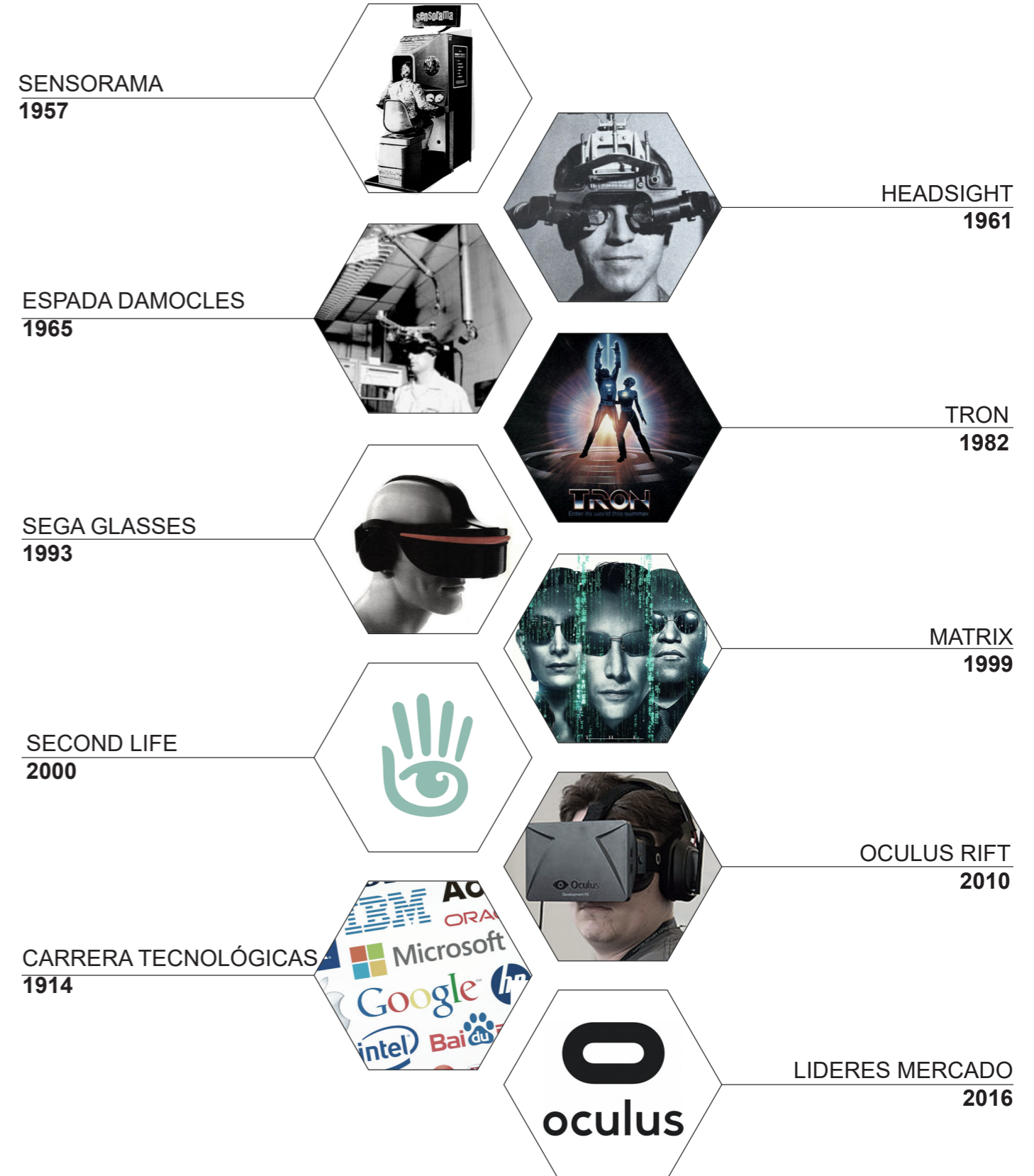


Fig 7. Línea de tiempo Realidad Virtual.

1.2.2_ Técnicas, ejemplos.

Cuando nos vemos inmersos en una experiencia virtual, siempre que se alcance en ella el nivel de detalle y calidad necesarios, podemos lograr olvidarnos de nuestro entorno e instrumental y sentir por un momento que estamos viviendo una experiencia real y tangible, esto se lo debemos a las diferentes técnicas y procesos, que en su correcta medida y cooperación consiguen crear un mundo que puede llegar a falsear nuestros sentidos más primitivos.

Una vez analizado el significado de realidad virtual y haber echado la vista atrás para comprender su origen y evolución; hemos diferenciado que el entorno espacial es primordial, y que la narrativa abre un abanico de posibilidades en la forma en que nos enfrentamos a mundos que antes solo existían en nuestra imaginación. Es momento de tratar la generación de estos entornos, y cómo, con cada nueva técnica o avance de los componentes que utilizamos, nos encontramos cada vez más cerca de aunar al gran público. (LFVR 2019)

En la actualidad manejamos diferentes técnicas y cada una de ellas tiene características, hándicaps y ventajas diferentes, pues están enfocadas a contenidos dispares. Por tanto, el contenido será el que defina cuál es la técnica que más se adapte a nuestras necesidades. Probablemente las más empleadas sean el modelado 3D, la fotogrametría y el 360°. Aunque no son técnicas exclusivas para generación de VR, cuando nos referimos a espacios inmersivos hiperrealistas, por ejemplo, normalmente hablamos de dos de estas técnicas empleadas simultáneamente, y es que realmente, la fotogrametría es una técnica, cuya función es la creación de elementos tridimensionales, que posteriormente introduciremos en nuestros modelados 3D. Es la herramienta por medio de la cual conseguimos uno de los métodos más realistas de representación en tres dimensiones. Según la RAE, la fotogrametría viene definida como un termino topográfico: «Procedimiento para obtener planos de grandes extensiones de terreno por medio de fotografías aéreas». Básicamente la recreación de entornos 3D hiperrealistas a través de fotografías 2D.

La realidad virtual no tardaría en fijarse en esta técnica, estas imágenes se unirían mediante un software para crear un conglomerado de fotos en un entorno tridimensional. La precisión es milimétrica, y aunando geometría, forma y posición, se puede alcanzar un alto grado de realismo casi inigualable por otras técnicas. Cuando empleamos la fotogrametría en un objeto estático podemos utilizar una sola cámara, pero si la empleamos en un objeto en movimiento debemos emplear múltiples cámaras que realicen la captura simultáneamente, y siempre ocultas en el angular de las demás para no formar parte del “escaneo”. (LFVR 2019)

Como ya se ha adelantado, y pese a ser un método de creación de elementos 3D, la fotogrametría va de la mano del modelado 3D en la mayoría de sus aplicaciones, pues para determinados objetos es necesario ser precisos y alcanzar el máximo detalle, pero para los objetos que conforman el resto del modelado, quizás de forma más anecdótica o decorativa, no será necesaria tanta dedicación. Por ejemplo, si nuestra intención es crear un entorno natural, mediante la fotogrametría podríamos reproducir al detalle rocas, arboles etc y copiar cualquier entorno con exactitud, pero que sentido tendría emplear tanto tiempo en algo que se puede representar de forma similar y va a aportar exactamente el mismo valor a nuestro proyecto. Por tanto la mejor forma de optimizar nuestro tiempo será alcanzar una forma híbrida de trabajo en la que se premie el detalle de lo imprescindible, mediante fotogrametría y la simulación de lo anecdótico, mediante el modelado 3D.



Fig 8. Posibilidades realidad aumentada.

Por otro lado, las experiencias en 360° han ido ganando cada vez más relevancia y podría decirse que, en parte, por las redes sociales, puesto que los usuarios ya no se limitan a consumir el contenido 360° generado por las empresas, sino que se han lanzado a generarlo ellos mismos. (LFVR 2019).

Estos son conocidos como “vídeos inmersivos”, y precisan de una cámara omnidireccional para lograr el efecto. Los usuarios pueden disfrutar de un entorno envolvente capturado y reproducido en 4K, en el cual será necesario cuidar los ángulos de solape e incluso hacer que el operario encargado de la grabación se vuelva invisible, lo que se consigue gracias al “stitching”, proceso por el cual se fusionan los vídeos recopilados por las distintas lentes, dejando fuera elementos que no interesan, pudiendo crear la reconstrucción de los espacios ocultos gracias a que todas las cámaras graban simultáneamente las zona de solape entre visuales. (LFVR 2019).

Los vídeos 360° pueden presentarse de forma singular o combinados con realidad virtual (VR). De la misma forma que con la fotogrametría, se pueden combinar ambos recursos para obtener resultados óptimos, aunque, cuando hablamos de estos vídeos, generalmente no nos referimos a realidad virtual. Una de las condiciones que resta verosimilitud a las experiencias 360° es la falta de profundidad pues, mientras no sean VR en su plenitud, son experiencias estereoscópicas, no tridimensionales, aunque alguno de los elementos del vídeo si lo sea. (Jaunt, V 2018).

El interés que muestran los usuarios hacia estos vídeos es debido a que no se precisa de gafas virtuales para reproducir su contenido, sino que desde cualquier dispositivo electrónico podremos visualizarlos y compartirlos, aunque no se disfrute una experiencia tan plena como mediante un visor VR. Casi la totalidad de redes sociales y plataformas virtuales han tomado partido en sus ventajas. Esta es la razón por la que se está ofreciendo, cada vez más, contenido 360° en marketing y publicidad. En lugar de ofrecer al usuario la imagen que se considera más conveniente, se ofrece la posibilidad de tomar la decisión por él mismo, decidiendo observar el ángulo de su preferencia. (Jaunt, V 2018).

Esta es la principal ventaja y razón del éxito de esta modalidad: hacer al usuario participe directo en la toma de decisiones y en la manera de percibir el producto.

Trasladado a la comunicación instantánea, se pueden enviar mensajes de texto pero, enviando una fotografía, la experiencia es más poderosa y, enviando un vídeo, se aprecian aún más detalles, consiguiendo hacer la experiencia un poco más personal. El siguiente paso es capturar ese momento en 360° y, en ese caso, la experiencia compartida por remitente y destinatario podría llegar a ser muy similar.

La tecnología VR te permite entrar en un escenario, pero sin ser un mero espectador, convirtiéndote en el protagonista de un hecho real que está teniendo lugar, en ese mismo momento, en cualquier parte del mundo. Esto se logra porque los impulsos que las neuronas reciben y transmiten al cerebro son muy similares a los transmitidos en escenarios reales. Estas sensaciones son transmitidas por una serie de dispositivos externos, como auriculares, gafas o guantes de realidad virtual, e incluso cintas por las cuales nos desplazaremos sin movernos del sitio en la vida real, pero si en nuestra experiencia VR

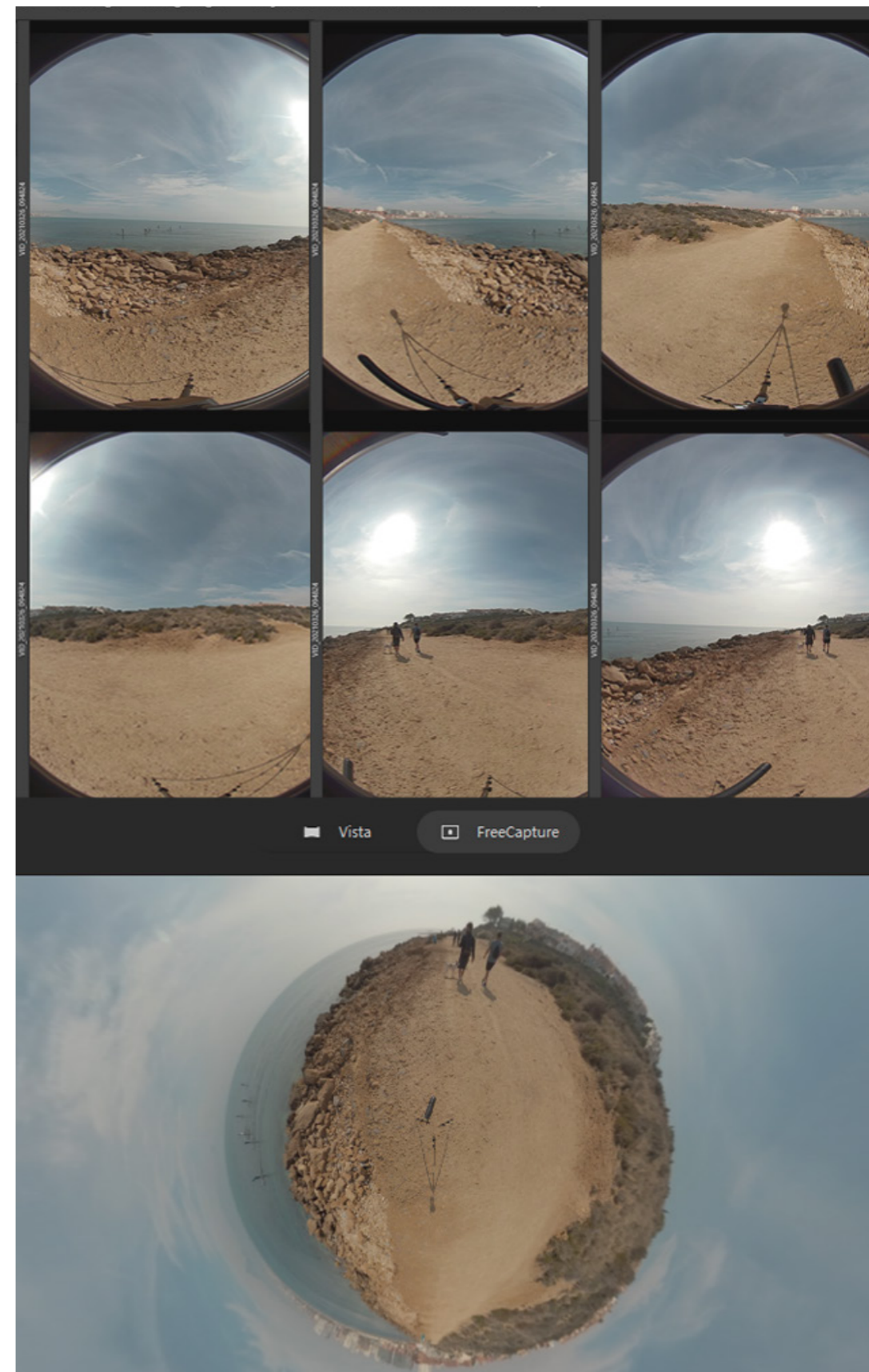


Fig 9. Creación de imágenes 360 mediante *Stitcher360*®.

1.3_ Objetivos

1.3.1_ Conexión con nuevos usuarios

El objetivo principal de este trabajo de investigación es estudiar las nuevas tecnologías y recursos informáticos, con el fin de poder emplearlos en labores de visualización del patrimonio arquitectónico, alcanzar nuevos usuarios y ofrecer alternativas confortables a los consumidores habituales.

La tecnología VR avanza a pasos agigantados en todos los ámbitos, y sus aplicaciones en diversas áreas son cada vez más empleadas por los generadores de contenido, y aceptadas gratamente por los consumidores de este. El ámbito arquitectónico, aunque de una manera mucho más comedida que la que nos gustaría, no se queda atrás; infinidad de nuevas y mejoradas herramientas se encuentran a nuestro alcance y, aunque no son sustitutos del trabajo y los procesos tradicionales, sí son potenciadores de estos.

La realidad inmersiva y la realidad virtual son dos de estas herramientas que, desgraciadamente, pese a observarse una clara atracción por parte de los usuarios, no terminan de entrar en los procesos de visualización, comercialización y marketing que tanto pueden impulsar. Las empresas muestran cierto interés, pero no afrontan la inversión en tiempo y capital que ello requiere, por el simple hecho de que ya funcionan correctamente con los procedimientos empleados hasta el momento. Mientras tanto, seguiremos esperando con los brazos abiertos ese salto de fe que tanto necesita el mundo de la visualización.

La captación de nuevos usuarios es un punto fundamental a la hora de apostar por estos nuevos recursos, ya que, con ellos, no sería necesario tener que cumplir con las exigencias de un aforo máximo a la hora de realizar visitas, ni tener que realizar desplazamientos físicos a determinadas ubicaciones para disfrutar de ciertas experiencias. Se cambian las tornas, ya no es necesario que el turista acuda al destino, ahora es posible trasladar el destino hasta el turista sin necesidad de desplazarse, permitiendo captar a usuarios que no pueden permitirse el desplazamiento por cualquier tipo de motivo, ya sea económico, físico o que, simplemente, no desean hacerlo. Es la última pieza del puzzle que completa el apetito de determinados usuarios.

En cuanto a recursos comerciales, las aplicaciones en este sentido también denotan cierto valor, mejorando experiencias de compra, satisfaciendo y resolviendo dudas antes de adquirir productos (el famoso “try before buy” aplicado a cualquier entorno). No hay mejor manera de conseguir comercializar cualquier producto que dejando que hable por sí mismo, sin necesidad de grandes explicaciones ni embaucadores discursos, dejando que las experiencias hablen por sí solas, y aprovechando un nicho de mercado que no se encuentra prácticamente explotado, en comparación con lo que podría ofrecer en el futuro.

Al fin y al cabo, el flujo de ingresos y salidas de usuarios en cualquier plataforma es inevitable pero, posicionar un producto o espacio al alcance de cualquiera, e incluso ofrecer la posibilidad de tomar parte en ellos, hace de ello una experiencia mucho más personal, y crea un trato que pocos ofrecen en la actualidad.

Las infinitas posibilidades que ofrece esta nueva tecnología lleva a pensar más allá de las áreas en que está empezando a tomar relevancia, y pensar en todos los campos en los que su impacto podría cambiar totalmente la metodología empleada hasta la fecha, habiéndose realizado ya innovaciones en áreas como la educación, el entretenimiento y el cuidado de la salud.

De acuerdo con el reporte *X-Reality Inside 2021 Digital Technology Innovation*, “Este punto está relacionado con la gran cantidad de nuevos usuarios insertados que, al descubrir las posibilidades de la Realidad Virtual para el entretenimiento, ahora buscan otro tipo de servicios”.



Fig 10. Viajes inmersivos mediante realidad aumentada.

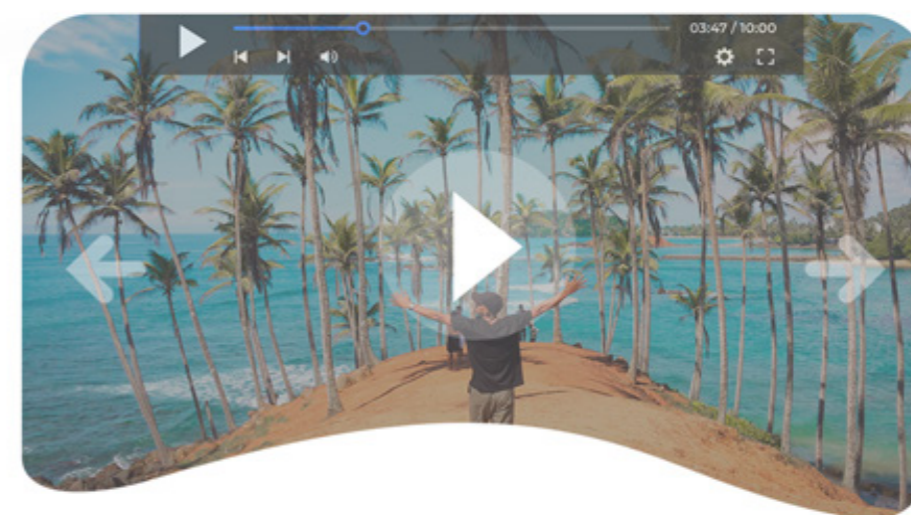


Fig 11. Formato de visualización en gafas VR.

1.3.2_ Facilitar la comprensión de elementos históricos

Los archivos de todo el mundo trabajan para catalogar, preservar y poner a disposición documentos primordiales para informar al público y proporcionar a los académicos fuentes oficiales destinadas tanto a la docencia como a la investigación. Como en la mayoría de los sectores de la información, la digitalización está transformando el campo, ofreciendo nuevas soluciones y nuevos desafíos para los archivos históricos de todo el mundo. (Jaunt, V 2018)

Los documentos históricos a menudo se someten a transformaciones (transcripción, anotación, reformato, digitalización) como parte de la preservación o la investigación humanística. Estos procesos modifican el contenido, la forma en la que se presentan y la estructura de los documentos, lo que, posteriormente, influye en las formas en que se leen, exploran e interpretan. La transparencia de tales procesos asegura la atribución adecuada del trabajo de los historiadores, promueve una mayor inclusión y permite una interpretación más crítica de los registros históricos. (Jaunt, V 2018)

En los últimos años se ha producido un cambio hacia el uso de tecnologías virtuales como métodos de preservación para documentar sitios históricos y brindar oportunidades educativas, evitando una eventual conservación arquitectónica equivocada, que podría dañar la percepción de algún elemento. La reconstrucción virtual es una herramienta eficaz para valorar estas propuestas y juzgar su capacidad para proteger las ruinas o excavaciones arqueológicas, además de revelar aspectos intangibles, como la atmósfera de una calle, que se pierden en el tiempo. (Abenza.C 2017).

Gracias a ellas podemos, no solo admirar restauraciones o elementos del pasado, que también pueden presentarse de formas tradicionales, sino dar un paso más allá y experimentar sensaciones similares a las que se experimentarían en la época original, recorriendo, aunque de forma virtual, espacios, terrenos y tradiciones que, hoy en día se, van perdiendo más y más con el paso de las generaciones.

1.3.3_ Reconstruir las termas de la muralla de Lucentum

Se propone la reconstrucción en 3D de las termas y la adaptación al software de realidad Virtual, ofreciendo una experiencia inmersiva del recinto y pudiendo disfrutar de ella en primera persona mediante unas gafas de realidad virtual. Los programas empleados en el desarrollo serán *Autocad®* para la realización de la planimetría 2D, *Revit®* para el levantamiento 3D y elección de materialidad, y *Twinmotion®* para la aplicación de texturas y posterior inmersión en realidad virtual.



Fig 12. Fotografía aérea termas de la muralla.

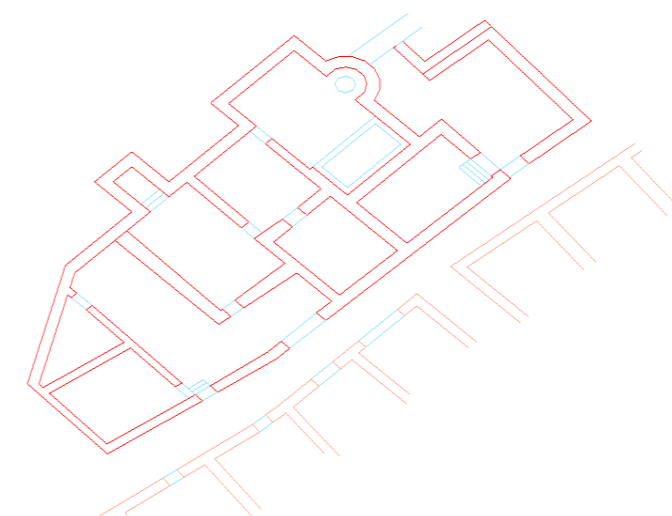


Fig 13. Planimetría 2D termas de la muralla.

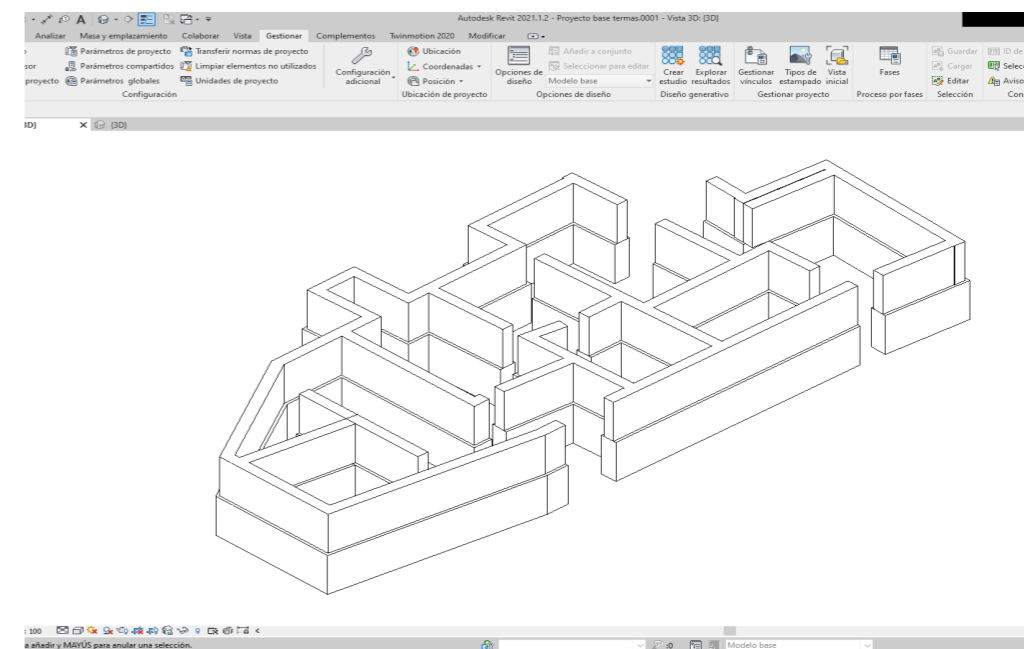


Fig 14. Levantamiento 3D previo termas de la muralla.

2_ Metodología

2.1_ Fases

2.1.1_ Visitas al terreno

A pesar de tener un conocimiento previo del Tossal de Manises, se han realizado cinco visitas al terreno con el objetivo de investigar y familiarizarse con el entorno. Una vez allí la atención no se focalizó sólo en el recinto de las termas, sino en todo aquello que pudiera ofrecer pistas acerca de la estética o del empleo de los espacios.

Durante el transcurso de las visitas hemos coincidido con visitantes habituales con un elevado conocimiento de las ruinas y de su historia, lo que nos ha permitido descubrir algunos de los entresijos y “secretos” que esconde la ciudad. La actitud de estas personas me ha llevado a potenciar más, si cabe, el interés y la sensación de pertenencia a la tradición histórica vinculada con la ciudad. “Jamás te verás recompensado con un legado de tanto valor y longevidad como este. Disfrútalo como herencia personal” fue uno de los grandes consejos recibidos.

2.1.2_ Recopilación de imágenes

En las visitas se han recogido imágenes de las que podemos extraer información acerca de la funcionalidad y materialidad de las infraestructuras.



Fig 15. Fotografía actual termas de la muralla.



Fig 16. Fotografía del Hypocaustum.



Fig 17. Fotografía actual Horno de las termas.

2.1.3_ Recopilación de planos existentes

El Museo Arqueológico de Alicante (MARQ) proporciona paneles de información que, además de un breve resumen acerca del funcionamiento del complejo, ofrecen una recreación en forma de ilustraciones que nos aproximan al aspecto y materialidad de algunas de las salas. También encontramos secciones transversales y longitudinales, gracias a las cuales se ha podido deducir la geometría y volumen de cada uno de los elementos de las termas, la altura y geometría de los forjados, la elevación de las columnas del *Hypocaustum*, los puntos de entrada de luz y la posible ubicación de mobiliario y accesorios adicionales, como bancos donde reposar y cambiarse de ropa o el propio *Labrum*.

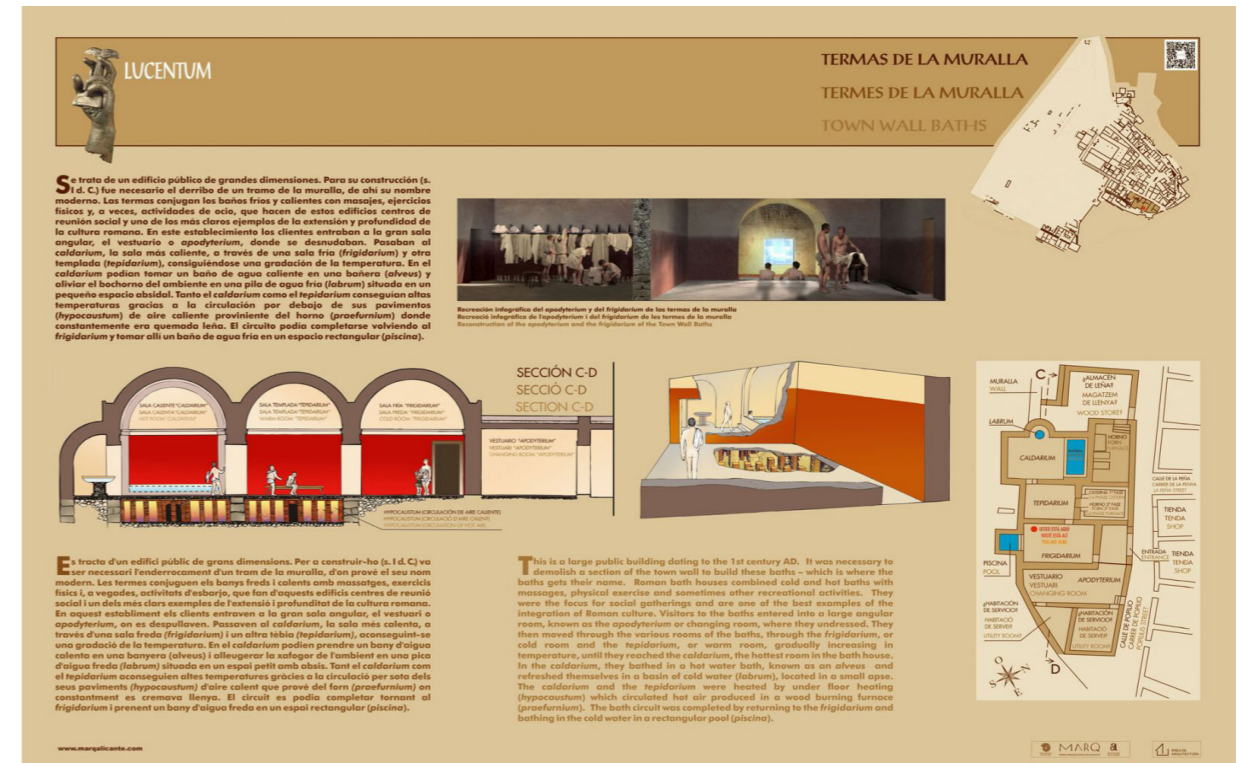


Fig 18. Panel explicativo sala de las termas.



Fig 20. Panel explicativo Opus Insignium.



Fig 19. Panel explicativo horno de las termas.

2.1.4_ Planimetría 2D

Como en todo modelado es necesaria una base planimétrica en 2D que ejerza de cimentación para el levantamiento en tres dimensiones del complejo. En este caso, se ha realizado gracias a una reconstrucción planimétrica que nos proporcionó el Museo Arqueológico de Alicante (MARQ), donde hemos interpretado la distribución de salas y realizado el calco de estas para obtener un plano en buena calidad desde el que poder trabajar.

Este proceso es realizado en el programa de dibujo *Autocad®*, con el objetivo de obtener un archivo *.dwg* compatible con cualquier programa de levantamiento volumétrico. Posteriormente se procede a la maquetación de cada una de las salas para facilitar la comprensión del plano.

2.1.5_ Plantilla para 3D

Mediante el archivo *.dwg* obtenido en *Autocad®* creamos una plantilla de dibujo que servirá de base para nuestro levantamiento. En este caso el programa empleado será *Revit®*.

El primer modelado será un mero acercamiento al desarrollo volumétrico para comenzar a familiarizarnos con espacios, grosores y comunicación entre salas. Realizaremos un levantamiento básico para fijar alturas pero sin prestar atención a puntos como materialidad, carpinterías, forjados, entorno, pavimentación etc.

2.1.6_ Planimetría 3D

Una vez hemos realizado un levantamiento volumétrico previo, debemos desarrollar cada una de las “piezas” que van a conformar nuestro conglomerado volumétrico.

Los primeros esbozos definen las formas más básicas: volúmenes exentos de detalle como huecos o salientes que conformarán una base sólida de la que partir y obtener nuestras piezas. Aún pareciendo la parte más sencilla, se ha de tener especial cuidado en la geometría de estos elementos. Un error de modelado en una fase de proyecto tan temprana nos llevara a arrastrar y reiterar un error pequeño durante todo el proceso, lo que dará lugar a un error mayor y de difícil corrección en las fases más avanzadas de este.

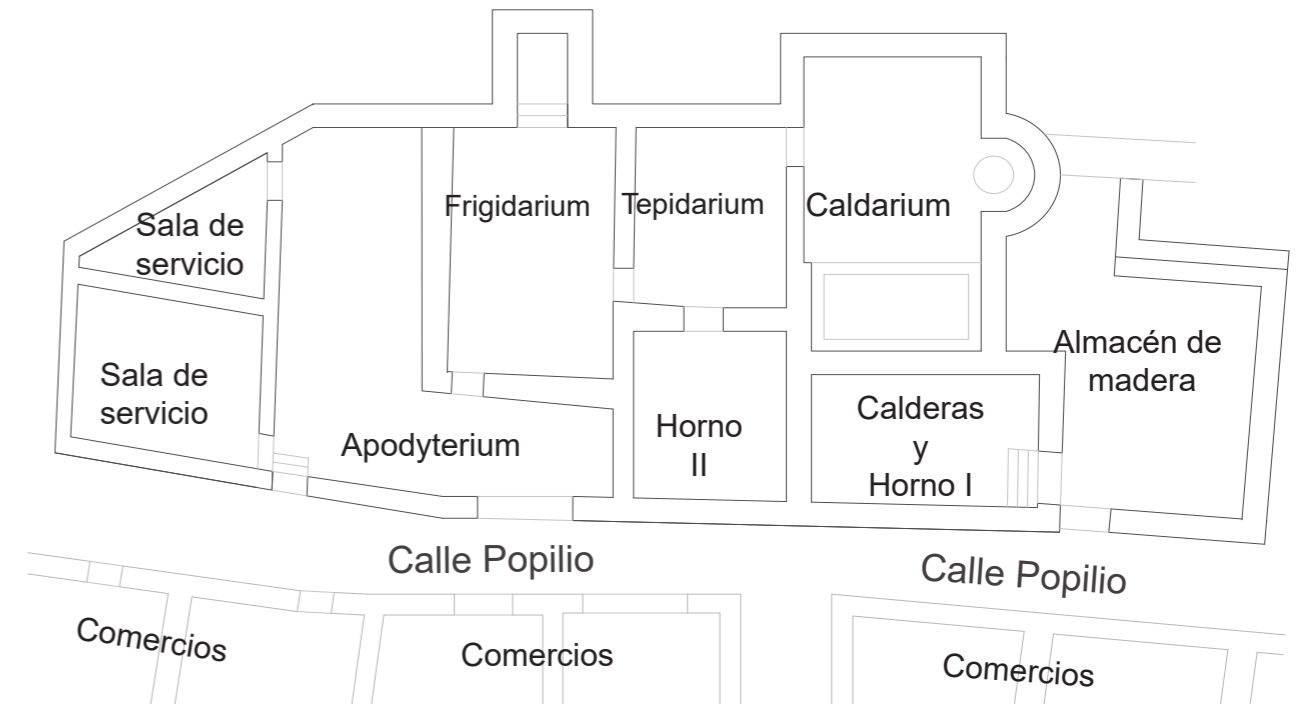


Fig 21. Planimetría 2D termas de la muralla.

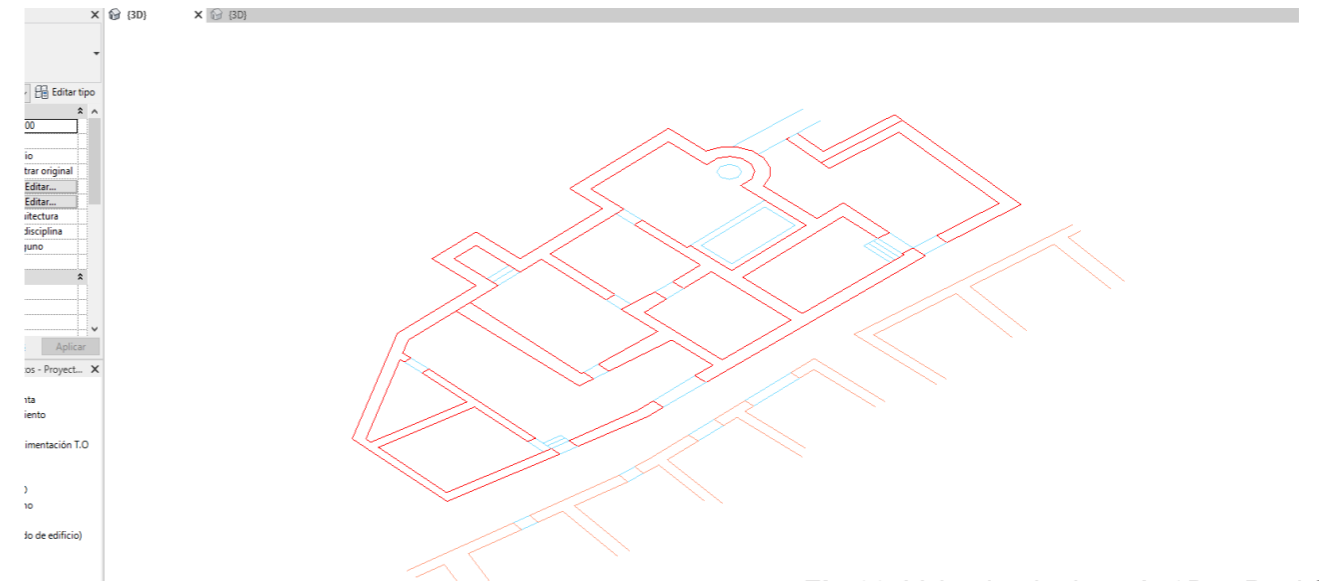


Fig 22. Volcado planimetría 2D a Revit®.

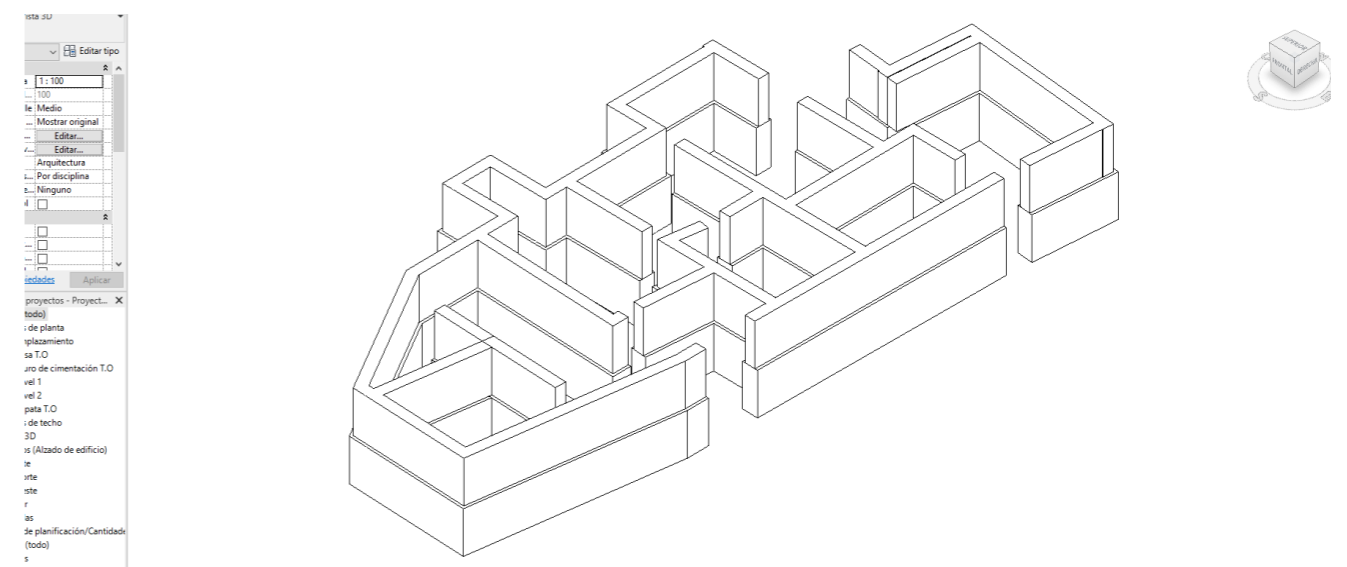


Fig 23. Levantamiento 3D previo termas de la muralla.

3_DESARROLLO

3.1_ Levantamiento planimétrico de las termas

A continuación se detallarán cada una de las piezas modeladas comparando su fase de diseño y su fase de materialización:

1. Bóveda de cañón

Empelado sobretodo en accesos exteriores y bloques de comunicación entre salas, la materialidad corresponderá a la del muro de piedra que predomina en el conjunto del complejo.

2. Arco de medio punto.

3. Pilares.

4. Segmentación y detalles Arco de medio punto.

5. Cúpula Semiesférica ciega.

6. Cúpula Semiesférica.

7. Piezas básicas.

8. Conglomerado de piezas y muros de carga definitivos.

9. Bóvedas de cañón en forjados.

10. Implantación de cúpula en el *Labrum*.

11. Implantación de cúpula en *Frigidarium*.

12. Reconstrucción precisa de cornisa jónica.

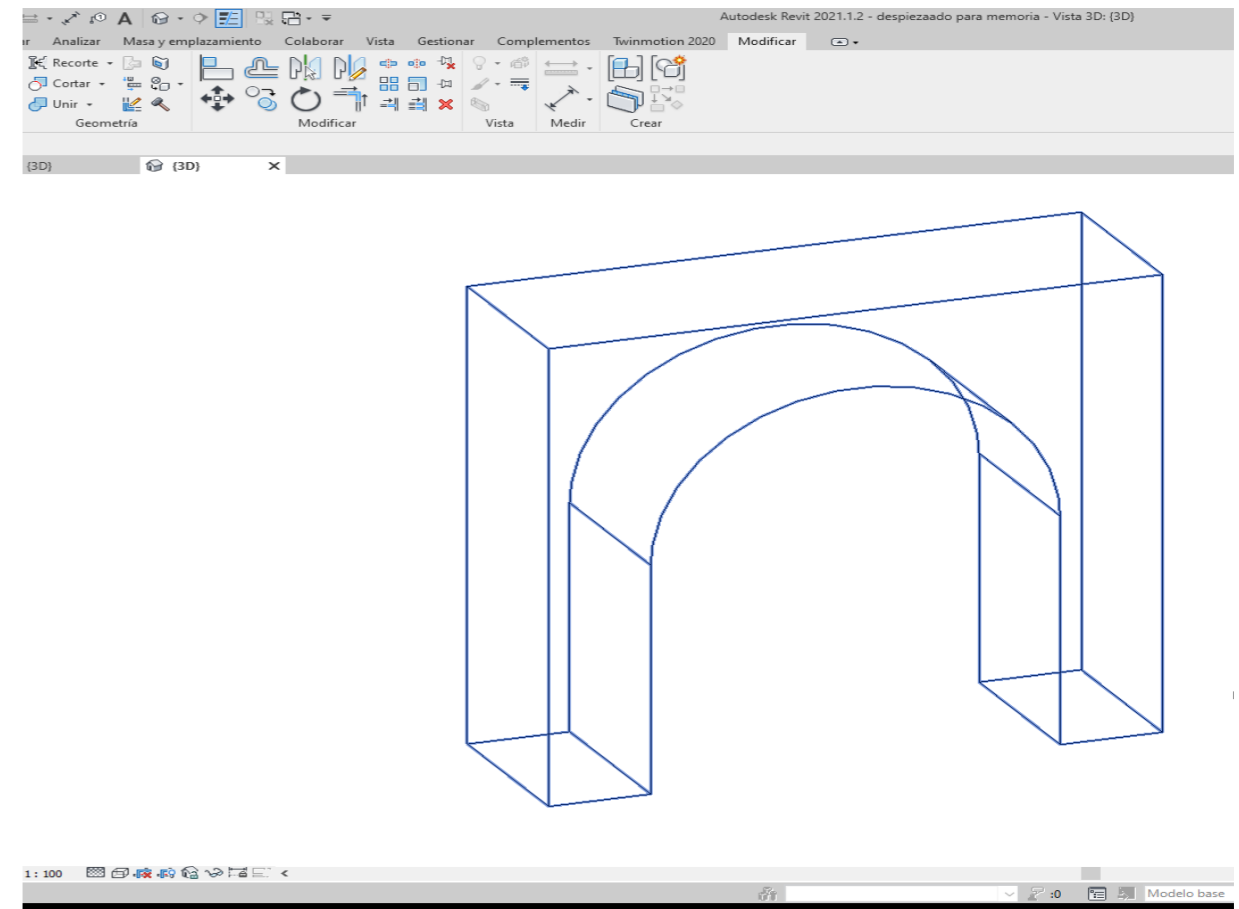


Fig 24. Modelado Bóveda de cañón.

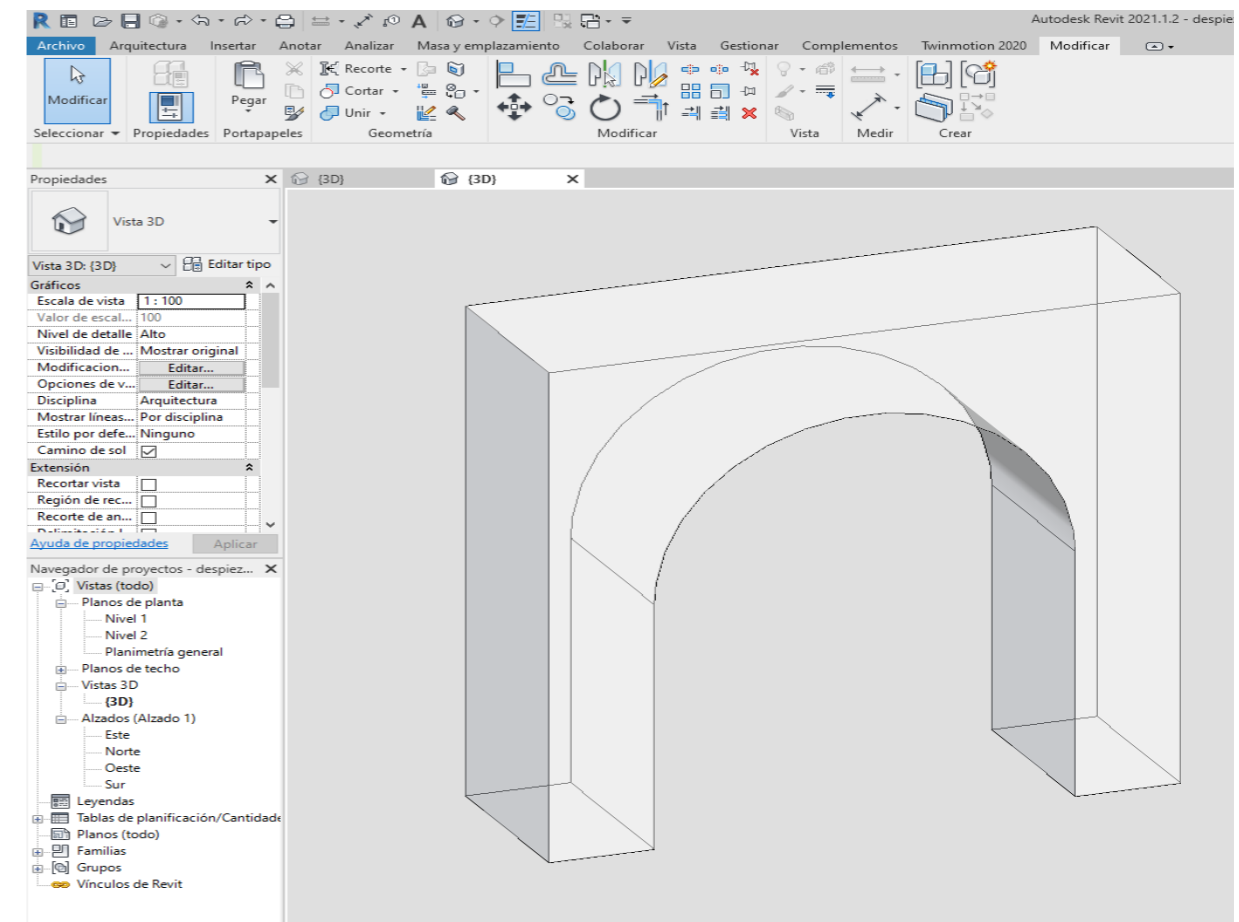


Fig 25. Materialidad Bóveda de cañón.

1. Bóveda de cañón

2. Arco de medio punto

Empelado en la decoración de bóvedas de cañón tanto en exterior como en interior, también eran empleados en muros ciegos para dotar de continuidad a la estética del conjunto, materialidad cerámica o pétreo. Se realiza una volumetría previa para su posterior segmentación.

3. Pilares

Debido al periodo carecían de ornamentación geométrica, pero sí podían encontrarse revestidos mediante azulejos o pinturas decorativas en consonancia con la estética que les envolvía. Materialidad pétreo.

4. Segmentación y detalles Arco de medio punto.

5. Cúpula Semiesférica ciega.

6. Cúpula Semiesférica.

7. Piezas básicas.

8. Conglomerado de piezas y muros de carga definitivos.

9. Bóvedas de cañón en forjados.

10. Implantación de cúpula en el *Labrum*.

11. Implantación de cúpula en *Frigatorium*.

12. Reconstrucción precisa de cornisa jónica.

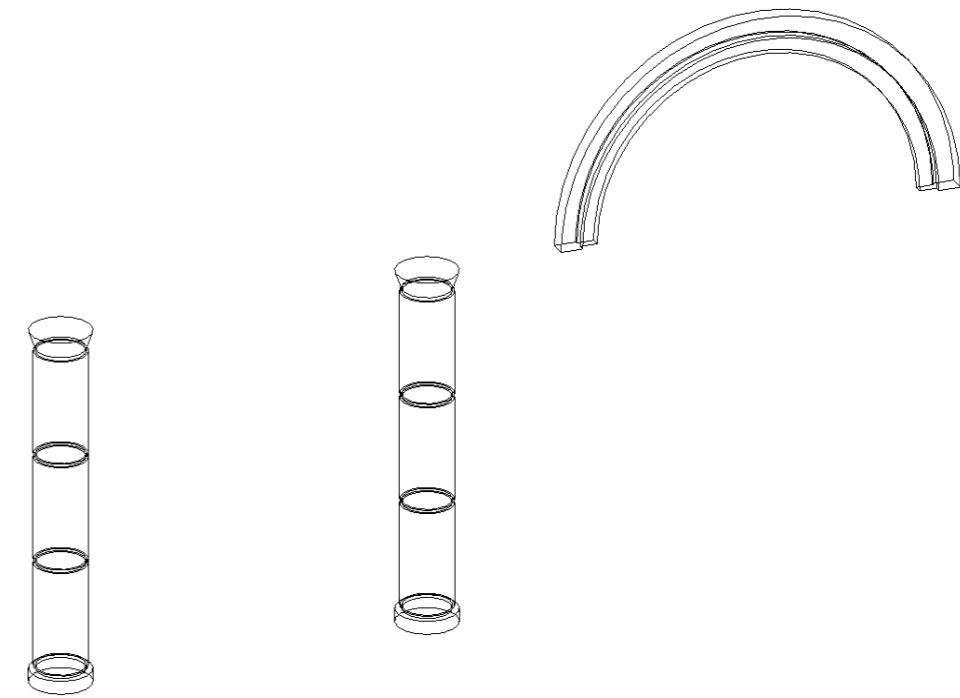


Fig 26. Modelado pilares y arco de medio punto.

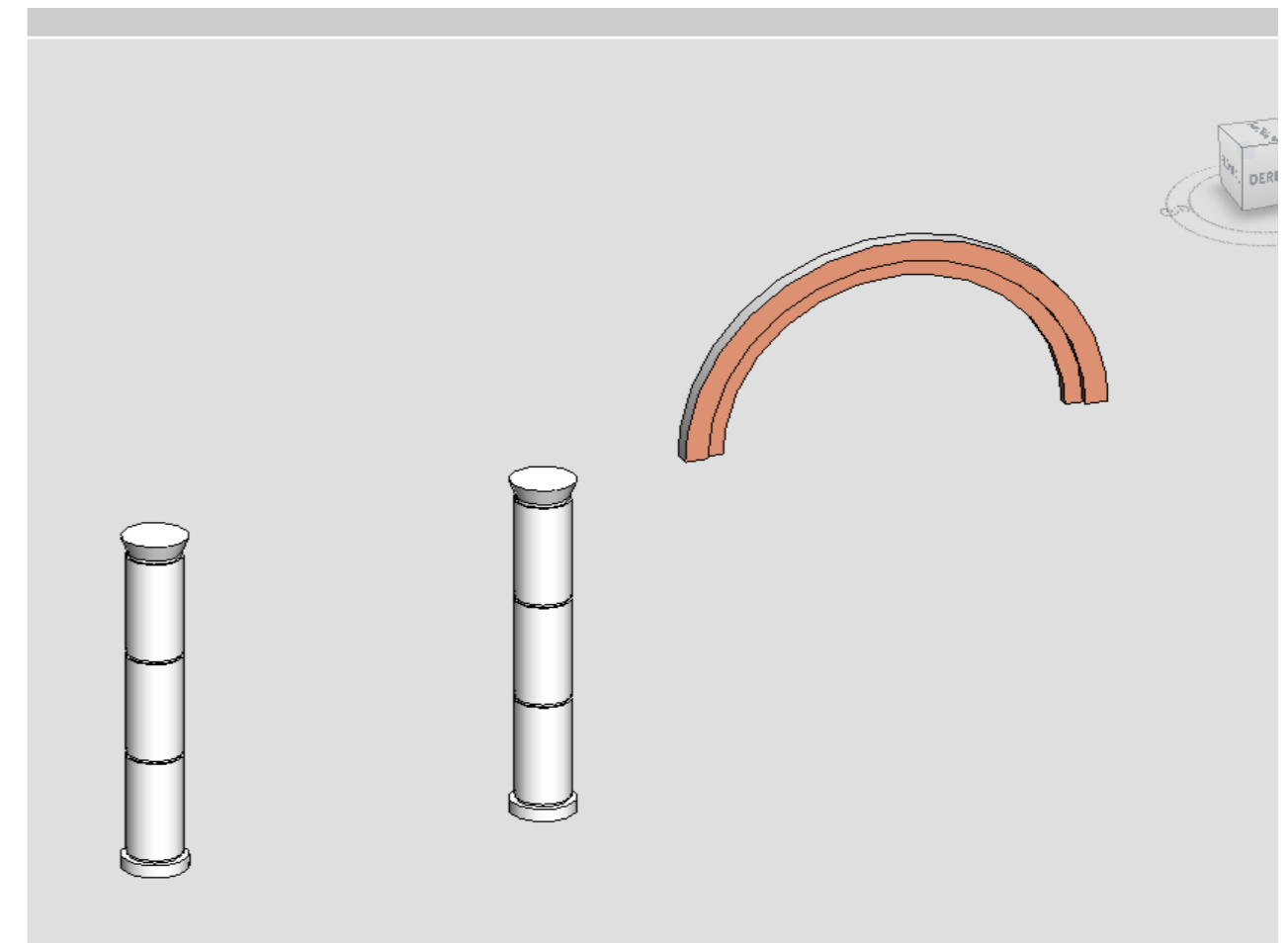


Fig 27. Materialidad pilares y arco de medio punto.

1. Bóveda de cañón.
2. Arco de medio punto.
3. Pilares.

4. Segmentación y detalles Arco de medio punto

Se divide el volumen previo en cada una de las piezas que conforman el arco sosteniéndose entre sí, también se realiza una extrusión acorde con la profundidad de las bóvedas para su posterior ensamblaje, finalmente se realiza un detalle en la coronación del arco a modo decorativo.

5. Cúpula Semiesférica ciega.
6. Cúpula Semiesférica.
7. Piezas básicas.
8. Conglomerado de piezas y muros de carga definitivos.
9. Bóvedas de cañón en forjados.
10. Implantación de cúpula en el *Labrum*.
11. Implantación de cúpula en *Frigatorium*.
12. Reconstrucción precisa de cornisa jónica.

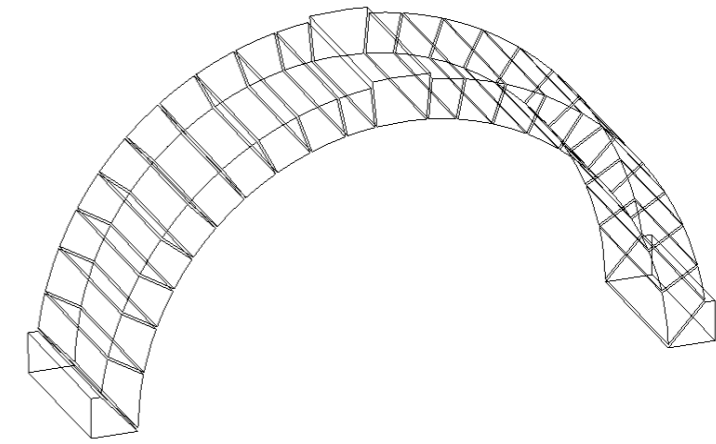
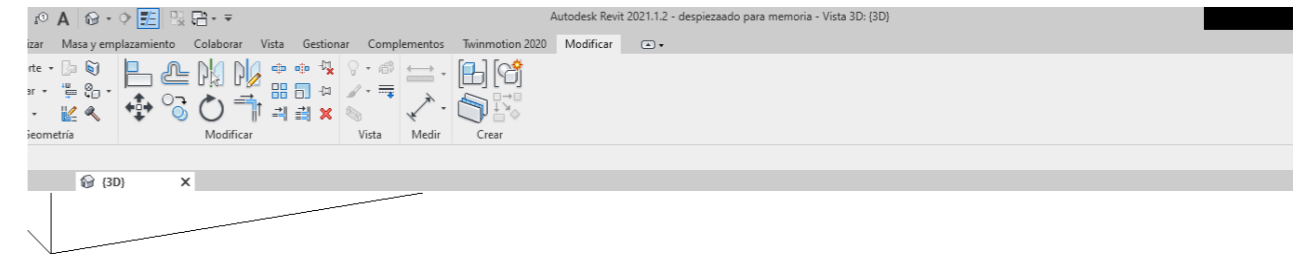


Fig 28. Segmentación arco de medio punto.

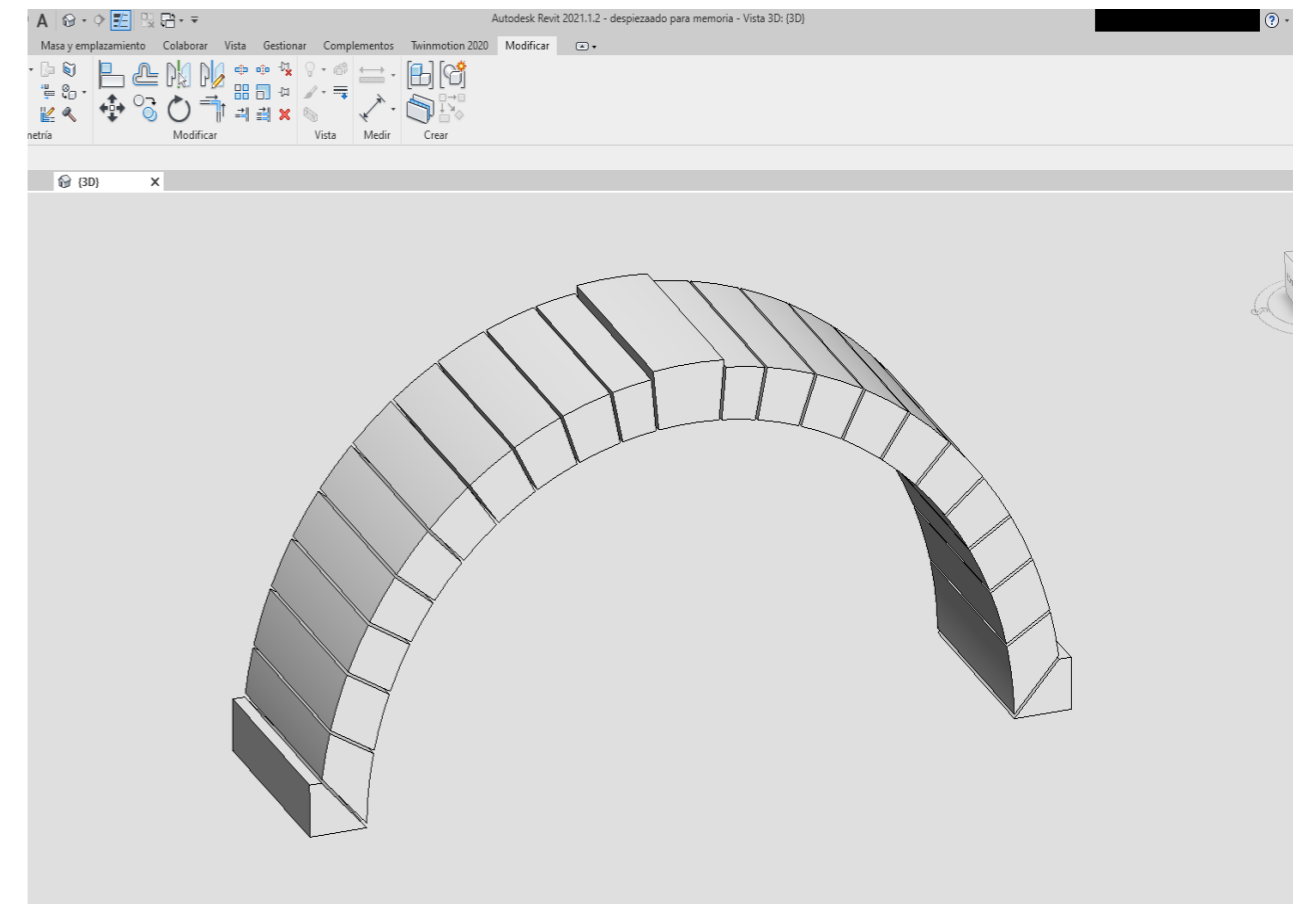


Fig 29. Materialidad arco segmentado.

1. Bóveda de cañón.

2. Arco de medio punto.

3. Pilares.

4. Segmentación y detalles Arco de medio punto.

5. Cúpula Semiesférica ciega

Se realiza el modelado básico de la cúpula que cubrirá dos de los espacios interiores de las termas, en primera instancia se realiza un volumen ciego para su posterior vaciado. Materialidad pétreo.

6. Cúpula Semiesférica.

7. Piezas básicas.

8. Conglomerado de piezas y muros de carga definitivos.

9. Bóvedas de cañón en forjados.

10. Implantación de cúpula en el *Labrum*.

11. Implantación de cúpula en *Frigatorium*.

12. Reconstrucción precisa de cornisa jónica.

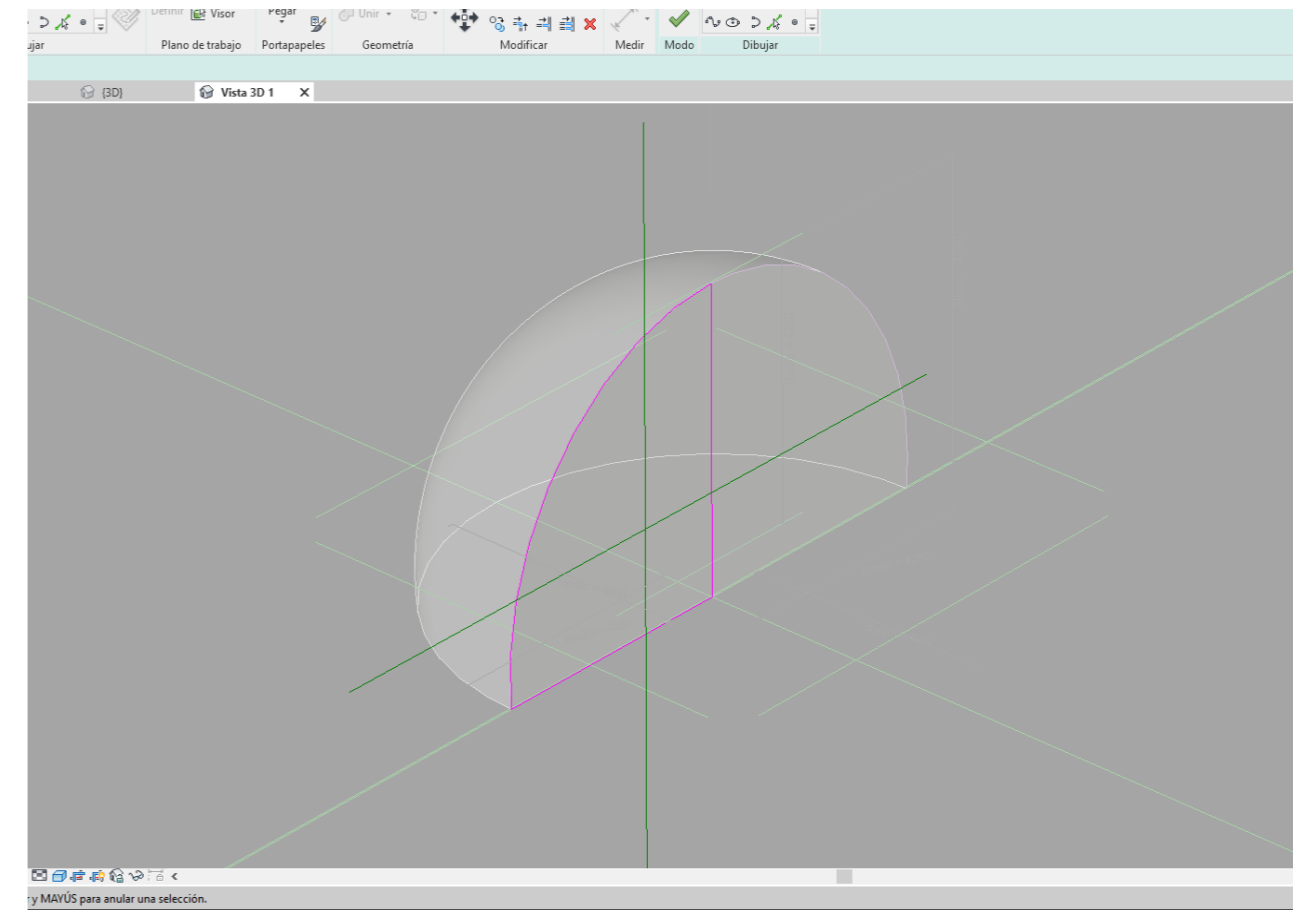


Fig 30. Modelado cúpula semiesférica ciega.

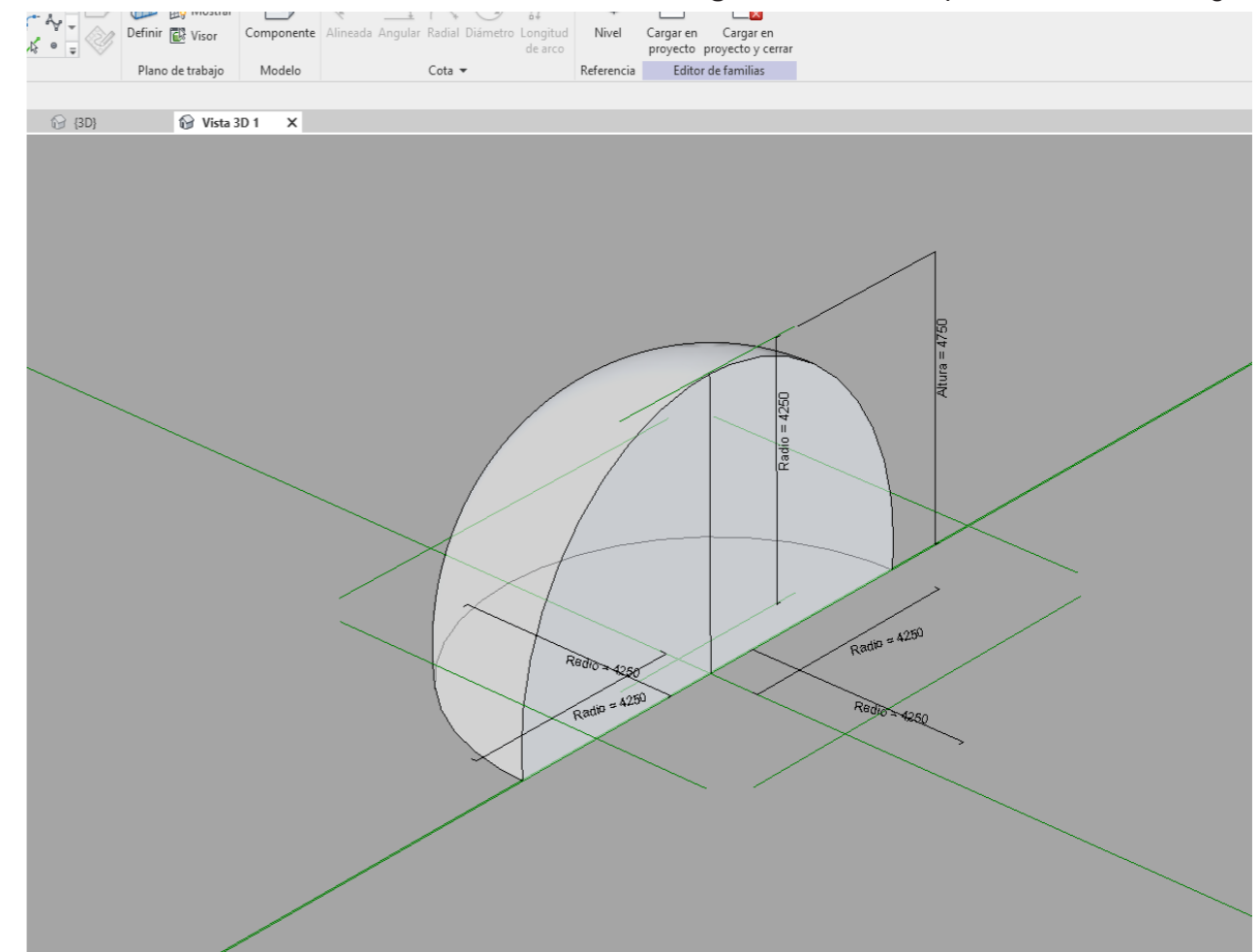


Fig 31. Materialidad cúpula semiesférica ciega.

1. Bóveda de cañón.
2. Arco de medio punto.
3. Pilares.
4. Segmentación y detalles Arco de medio punto.
5. Cúpula Semiesférica ciega.
- 6. Cúpula Semiesférica**
Vaciado de la cúpula ciega con grosor aproximado al de los muros de carga. Materialidad pétreo.
7. Piezas básicas.
8. Conglomerado de piezas y muros de carga definitivos.
9. Bóvedas de cañón en forjados.
10. Implantación de cúpula en el *Labrum*.
11. Implantación de cúpula en *Frigatorium*.
12. Reconstrucción precisa de cornisa jónica.

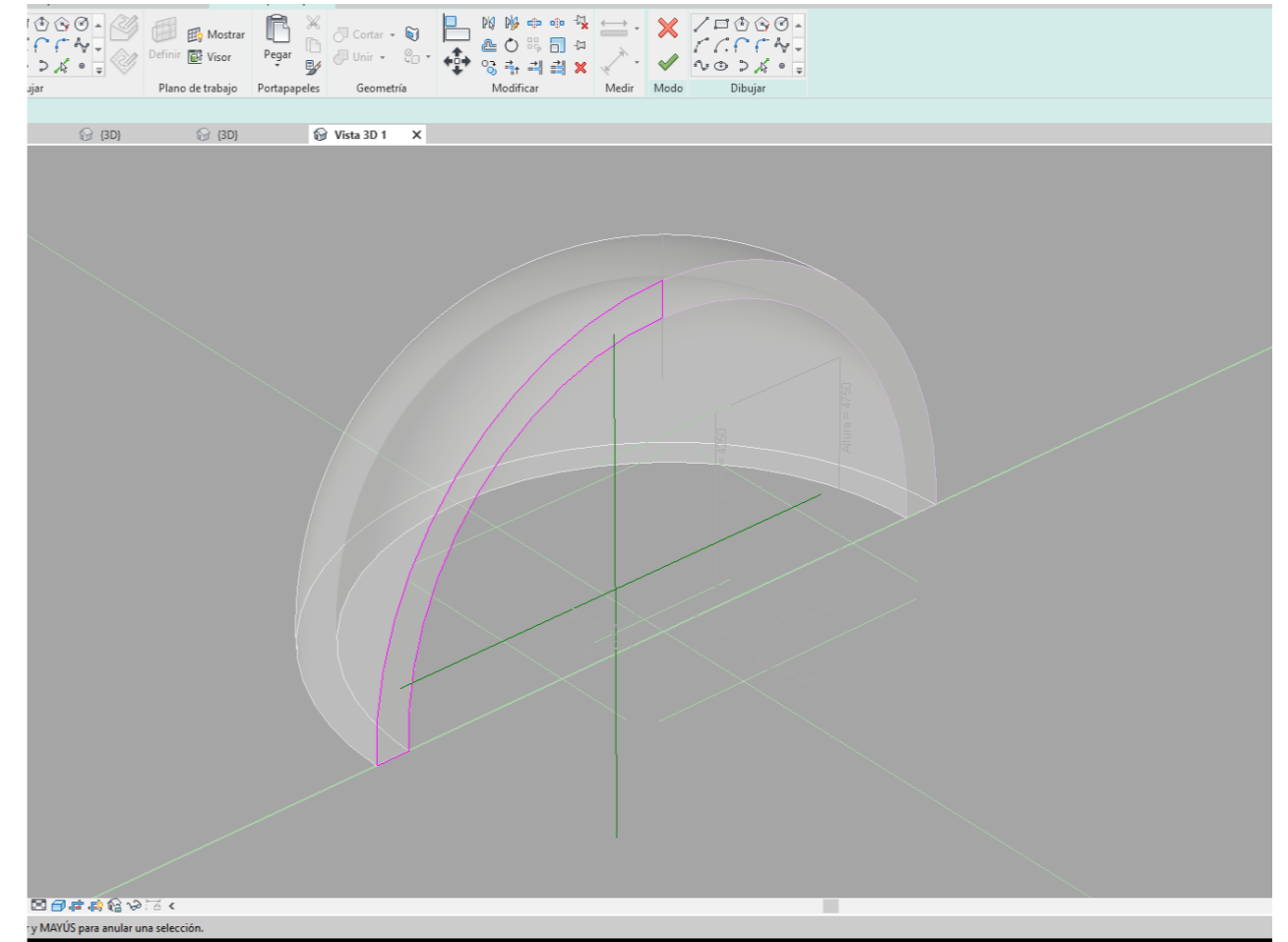


Fig 32. Vaciado cúpula semiesférica.

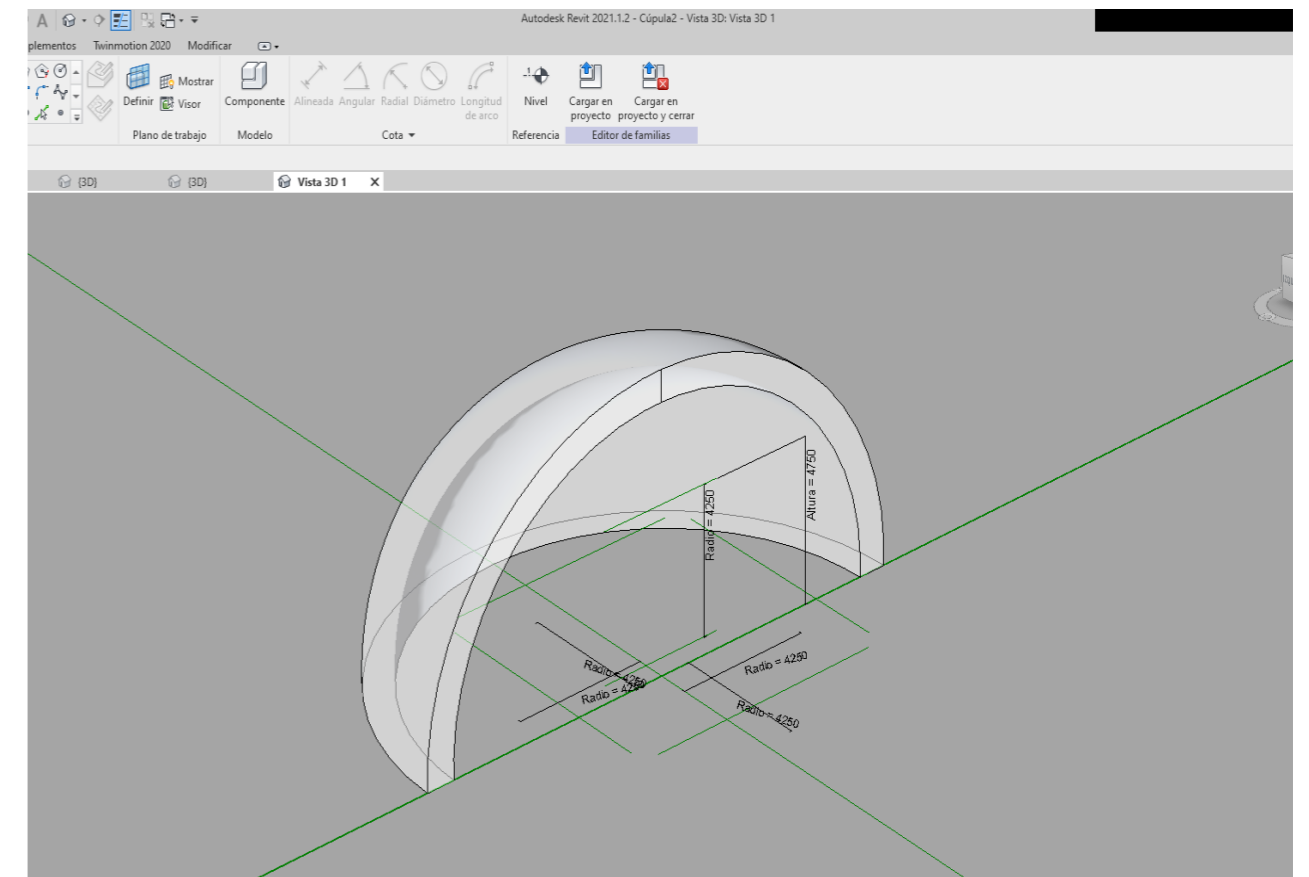


Fig 33. Materialidad cúpula semiesférica vacía.

1. Bóveda de cañón.
2. Arco de medio punto.
3. Pilares.
4. Segmentación y detalles Arco de medio punto.
5. Cúpula Semiesférica ciega.
6. Cúpula Semiesférica.

7. Piezas básicas

Confección de las piezas base del modelo mediante el ensamblaje de todos los elementos modelados anteriormente, añadido de canalización en su parte superior para la expulsión del agua recogida por la cubierta. Materialidad correspondiente a los elementos modelados previamente.

Realizamos cuatro piezas básicas que, mediante la combinación con un muro de carga pétreo, formalizarán a falta de detalles aislados la totalidad de nuestro volumen.

8. Conglomerado de piezas y muros de carga definitivos.
9. Bóvedas de cañón en forjados.
10. Implantación de cúpula en el *Labrum*.
11. Implantación de cúpula en *Frigidorium*.
12. Reconstrucción precisa de cornisa jónica.

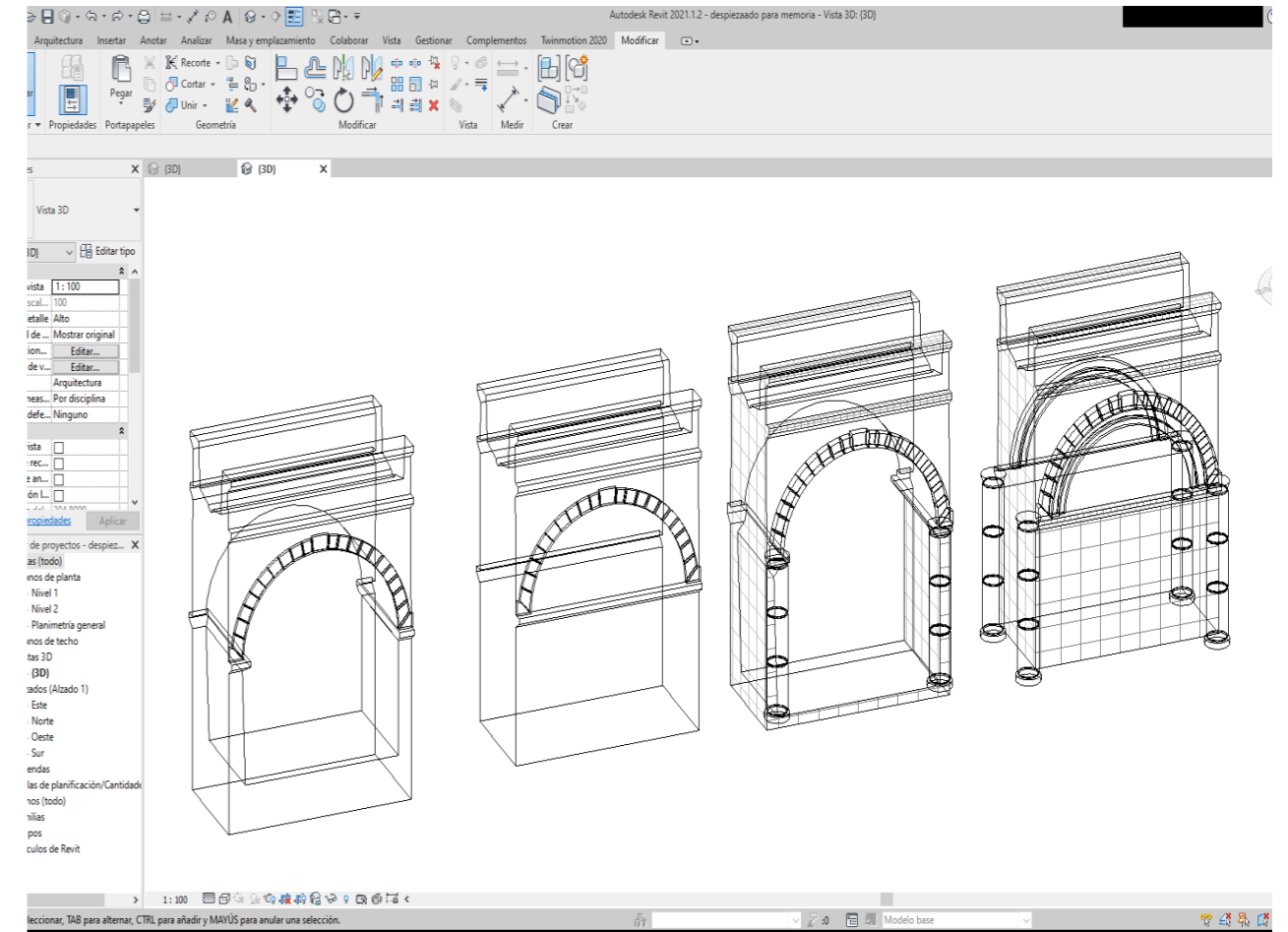


Fig 34. Modelado piezas básicas.

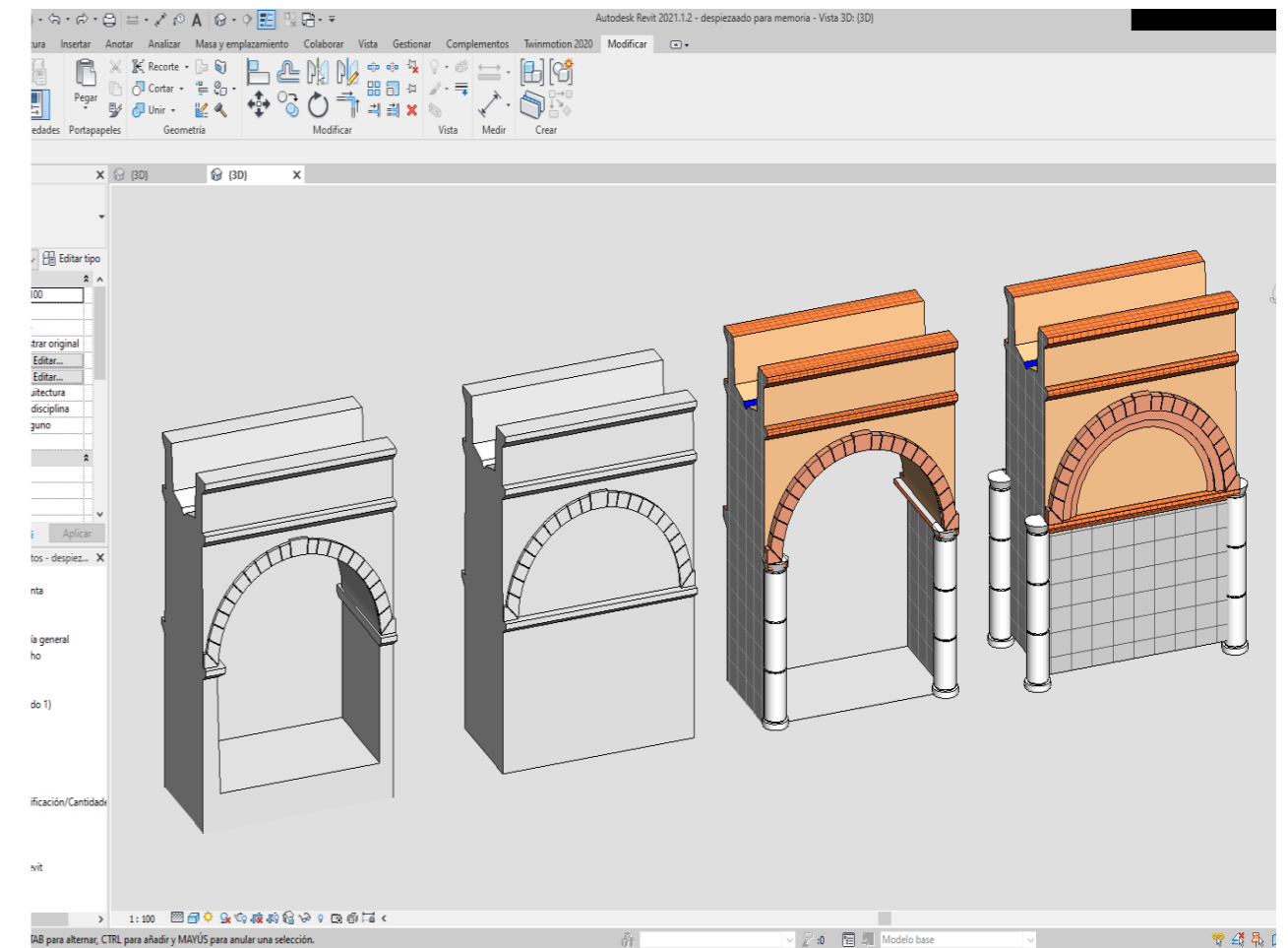


Fig 35. Materialidad piezas básicas.

1. Bóveda de cañón.
2. Arco de medio punto.
3. Pilares.
4. Segmentación y detalles Arco de medio punto.
5. Cúpula Semiesférica ciega.
6. Cúpula Semiesférica.
7. Piezas básicas.

8. Conglomerado de piezas y muros de carga definitivos

Ensamblaje cuidadoso de todos los elementos mencionados anteriormente preparando un modelo casi definitivo, partiendo de este punto procederemos a la realización de detalles de solape entre elementos geométricos y buscaremos la unidad material del conjunto. Una vez ejecutados todos los cerramientos dejamos el modelo preparado para la inserción de infraestructuras de acondicionamiento como las de calefacción y ejecución de forjados.

9. Bóvedas de cañón en forjados.
10. Implantación de cúpula en el *Labrum*.
11. Implantación de cúpula en *Frigidorium*.
12. Reconstrucción precisa de cornisa jónica.

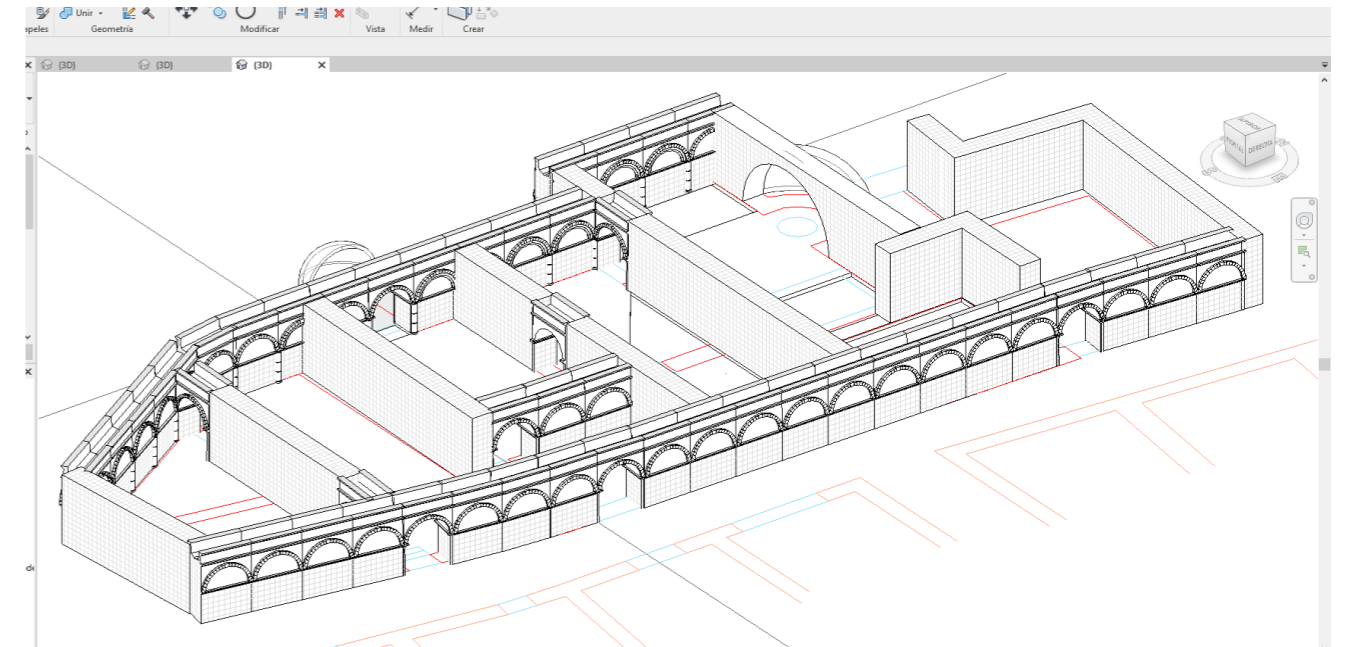


Fig 36. Conglomerado de piezas definitivo.

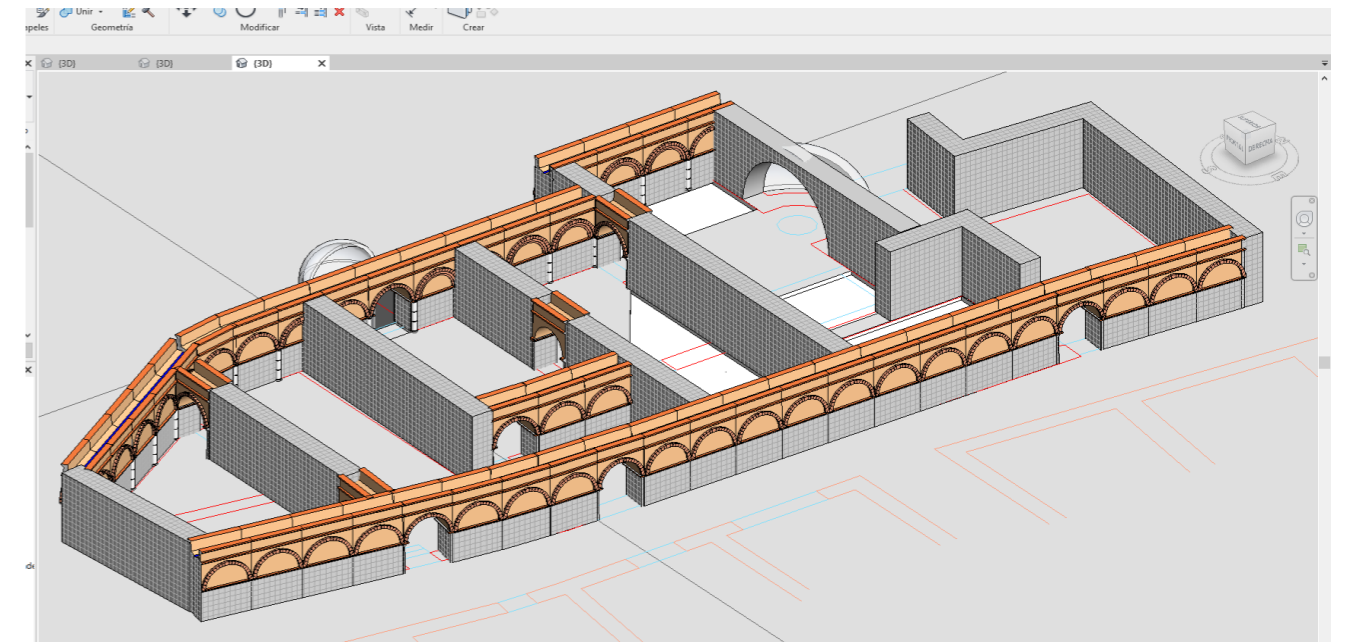


Fig 37. Materialidad conglomerado de piezas.

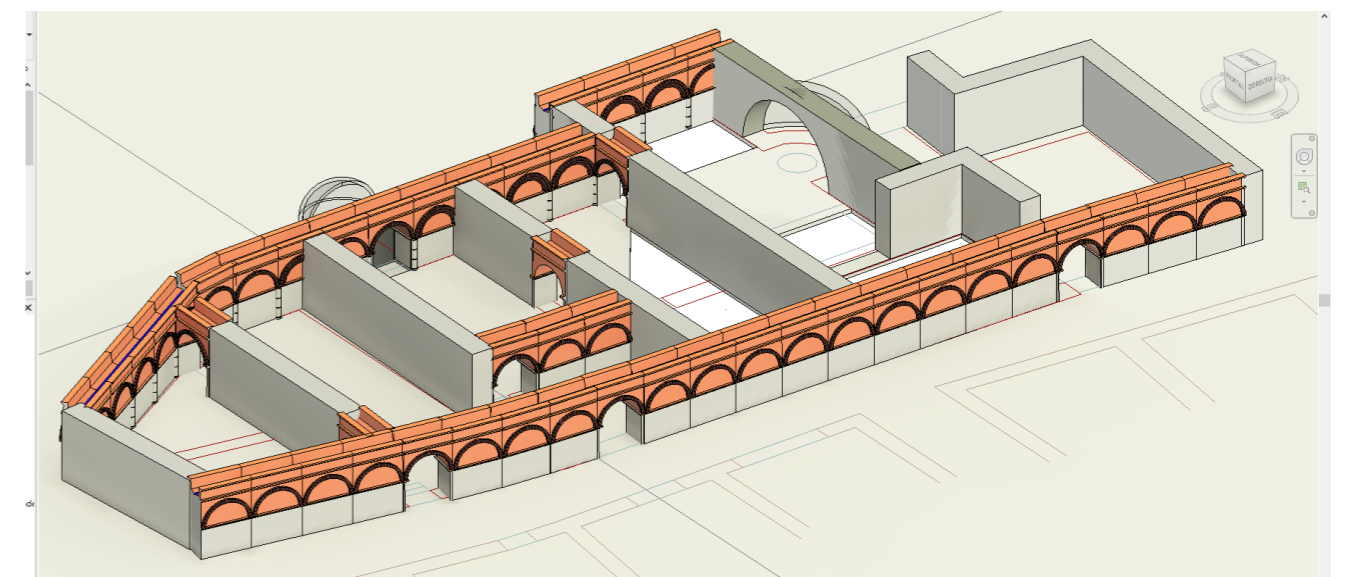


Fig 38. Materialidad muros de carga.

1. Bóveda de cañón.
2. Arco de medio punto.
3. Pilares.
4. Segmentación y detalles Arco de medio punto.
5. Cúpula Semiesférica ciega.
6. Cúpula Semiesférica.
7. Piezas básicas.
8. Conglomerado de piezas y muros de carga definitivos.

9. Bóvedas de cañón en forjados

Confección de las bóvedas que cubrirán las tres salas principales, y conformarán las cubiertas de estas. Materialidad pétreo similar a la de los muros de carga.

10. Implantación de cúpula en el *Labrum*.
11. Implantación de cúpula en *Frigadorium*.
12. Reconstrucción precisa de cornisa jónica.

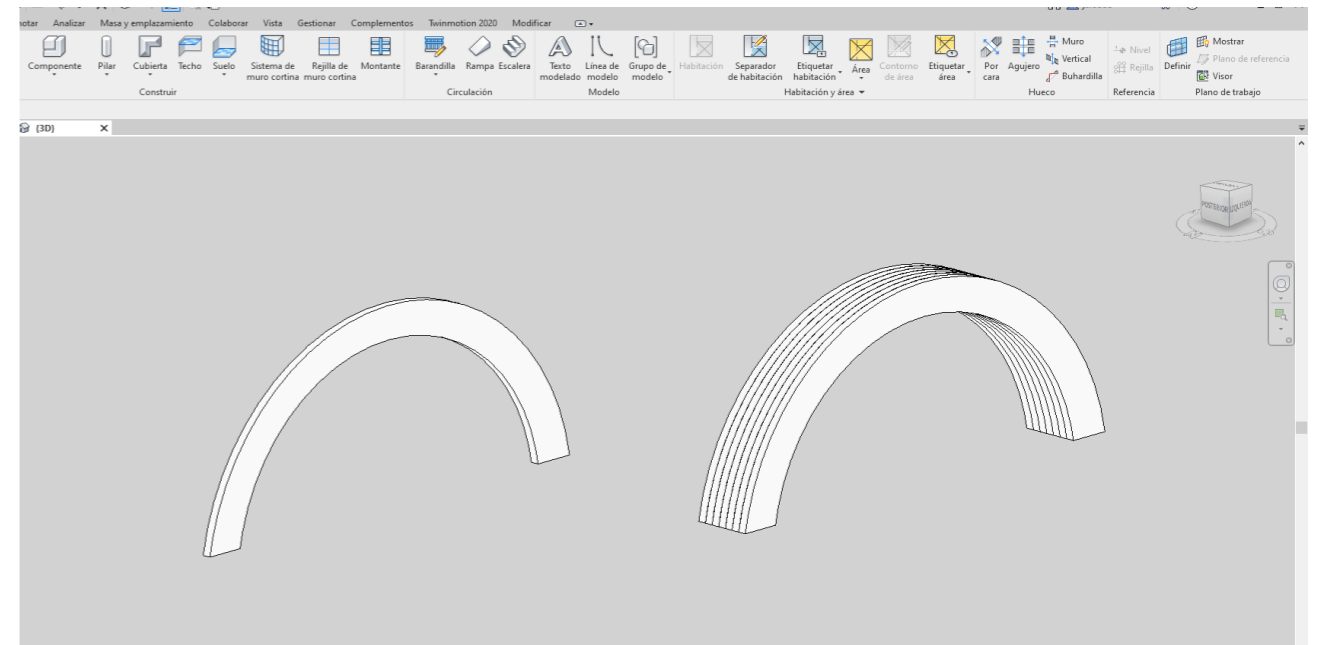


Fig 39. Modelo de extrusión para bóveda.

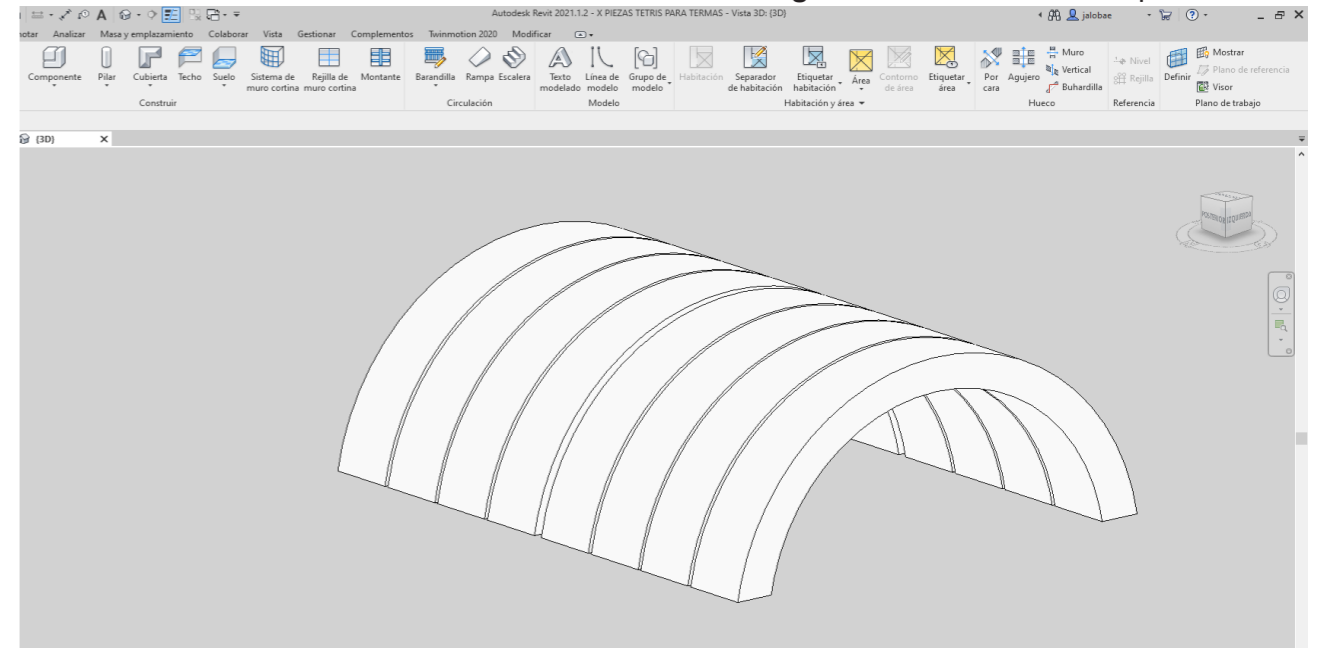


Fig 40. Modelado Bóveda de cubierta.

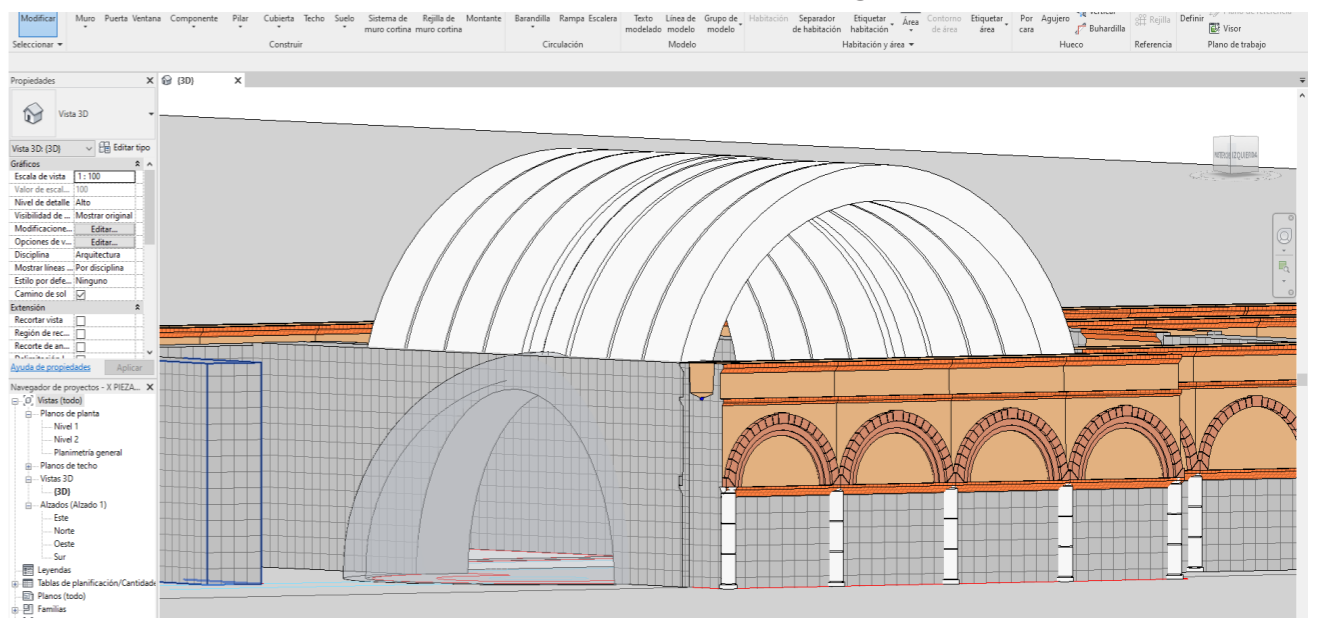


Fig 41. Materialidad boveda de cubierta.

1. Bóveda de cañón.
2. Arco de medio punto.
3. Pilares.
4. Segmentación y detalles Arco de medio punto.
5. Cúpula Semiesférica ciega.
6. Cúpula Semiesférica.
7. Piezas básicas.
8. Conglomerado de piezas y muros de carga definitivos.
9. Bóvedas de cañón en forjados.

10. Implantación de cúpula en el *Labrum*

Implantación de cúpula en una de las zonas del *Caldarium* en concreto la que envuelve a la pila de agua fría conocida como *Labrum*.

11. Implantación de cúpula en *Frigidarium*.

12. Reconstrucción precisa de cornisa jónica.

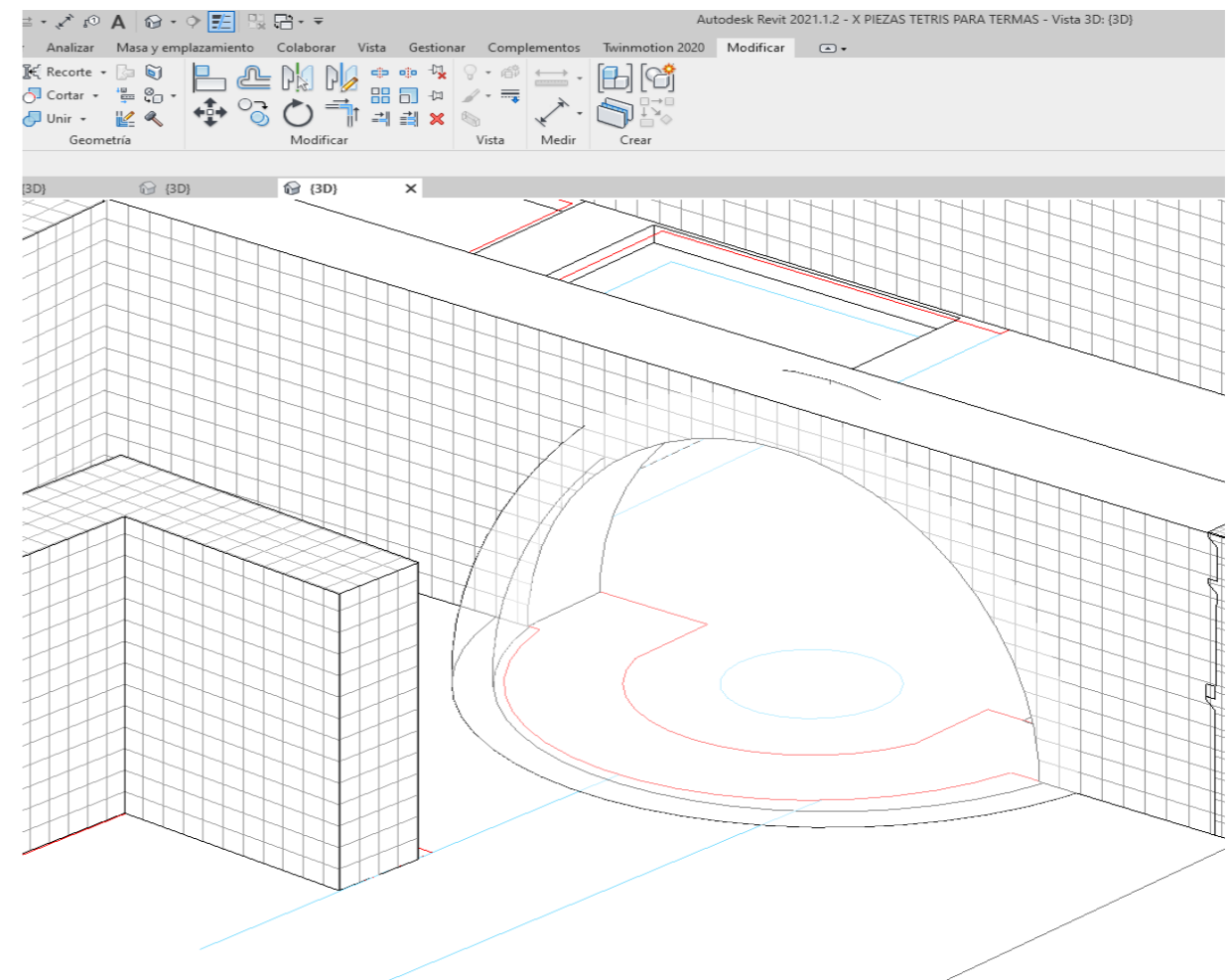


Fig 42. Implantación cúpula en *Labrum*.

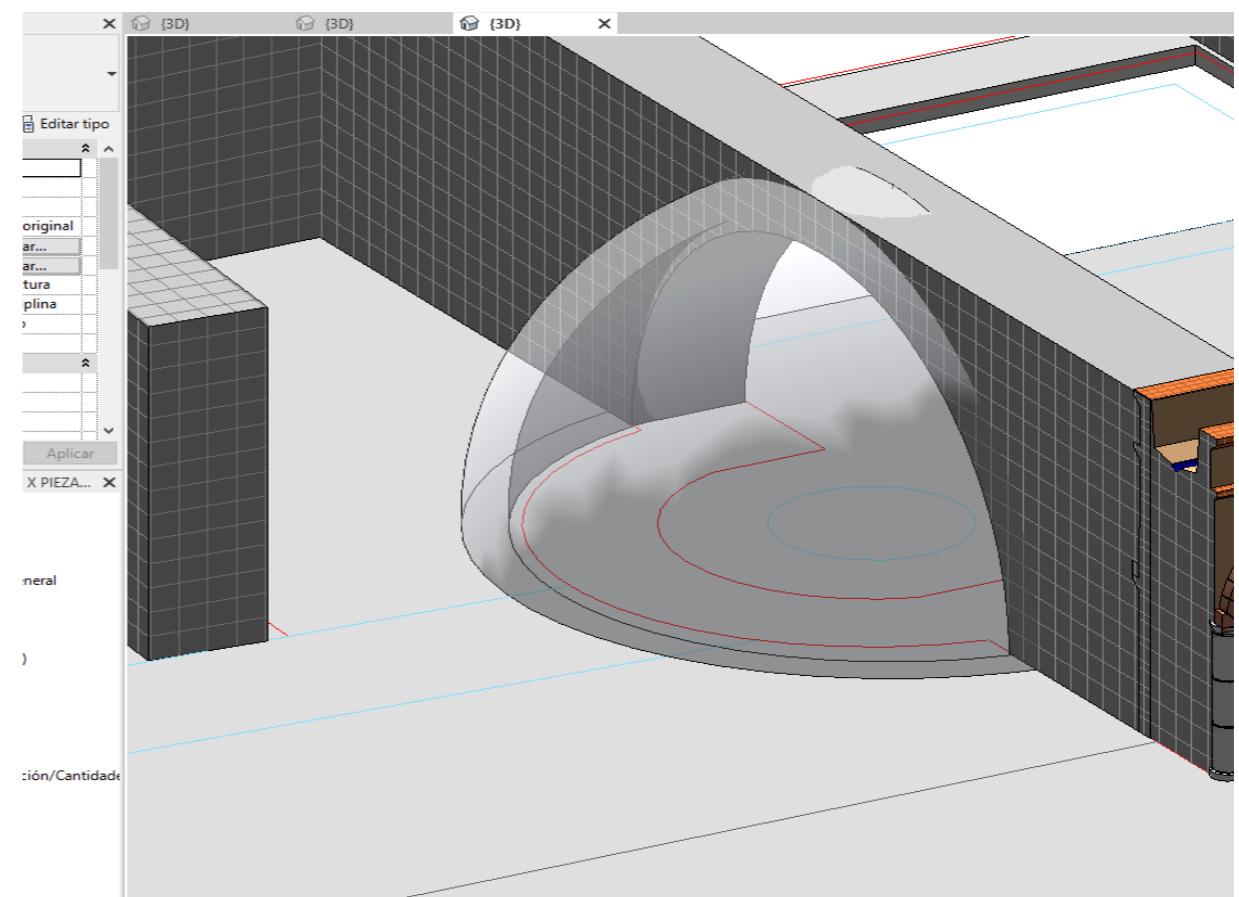


Fig 43. Materialidad cúpula en *Labrum*.

1. Bóveda de cañón.
2. Arco de medio punto.
3. Pilares.
4. Segmentación y detalles Arco de medio punto
5. Cúpula Semiesférica ciega.
6. Cúpula Semiesférica.
7. Piezas básicas.
8. Conglomerado de piezas y muros de carga definitivos.
9. Bóvedas de cañón en forjados.
10. Implantación de cúpula en el *Labrum*.

11. Implantación de cúpula en *Frigidarium*.

Implantación de cúpula en una de las zonas del *Frigidarium* en concreto la que envuelve a la piscina de agua fría.

12. Reconstrucción precisa de cornisa jónica.

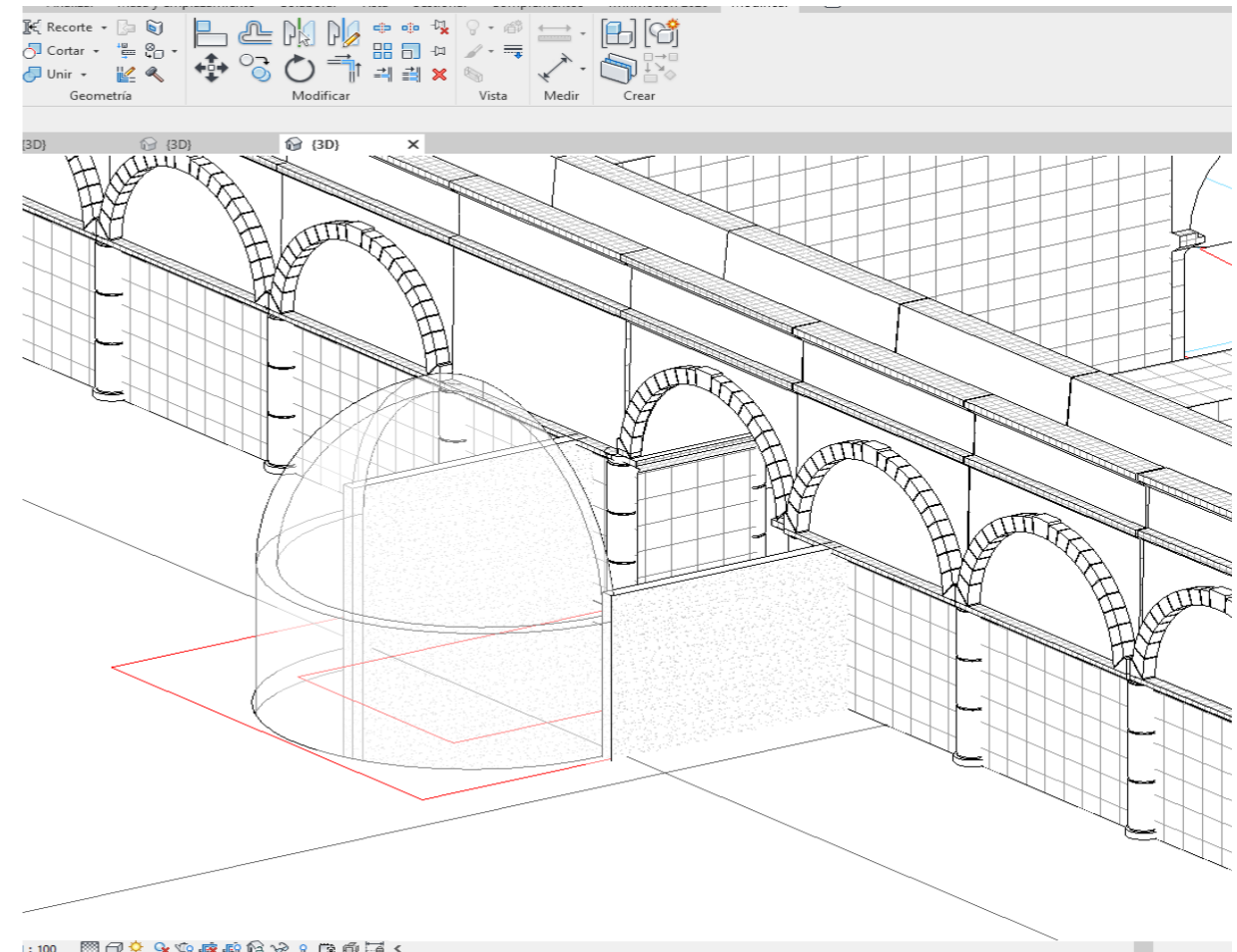


Fig 44. Implantación cúpula en *Frigidarium*.

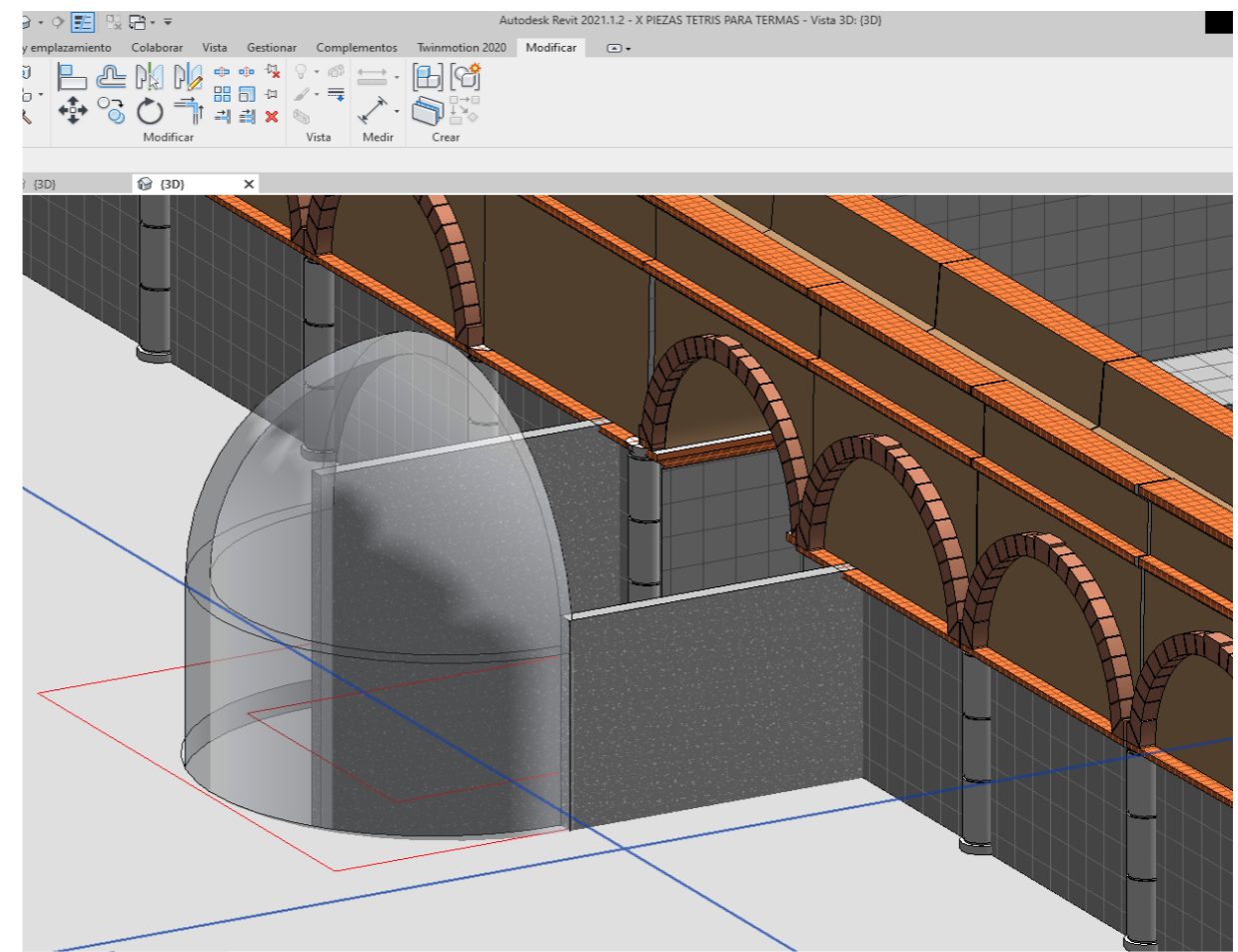


Fig 45. Materialidad cúpula en *Frigidarium*.

1. Bóveda de cañón.
2. Arco de medio punto.
3. Pilares.
4. Segmentación y detalles Arco de medio punto.
5. Cúpula Semiesférica ciega.
6. Cúpula Semiesférica.
7. Piezas básicas.
8. Conglomerado de piezas y muros de carga definitivos.
9. Bóvedas de cañón en forjados.
10. Implantación de cúpula en el *Labrum*.
11. Implantación de cúpula en *Frigidorium*.

12. Reconstrucción precisa de cornisa jónica

En esta parte del modelado nos centramos en rescatar uno de los detalles de las edificaciones romanas más característico, las cornisas. Al ser una recreación hipotética hemos cogido ejemplos de termas que concuerdan en tiempo y espacio con las de *Lucentum*, ya que se conservan muy pocas muestras estéticas de las ubicadas en *Lucentum*.

Se realiza una repetición de módulos, mediante salientes rectangulares y alabeados iremos conformando la cornisa en toda su longitud. Posteriormente procederemos al texturizado del modelo definitivo.

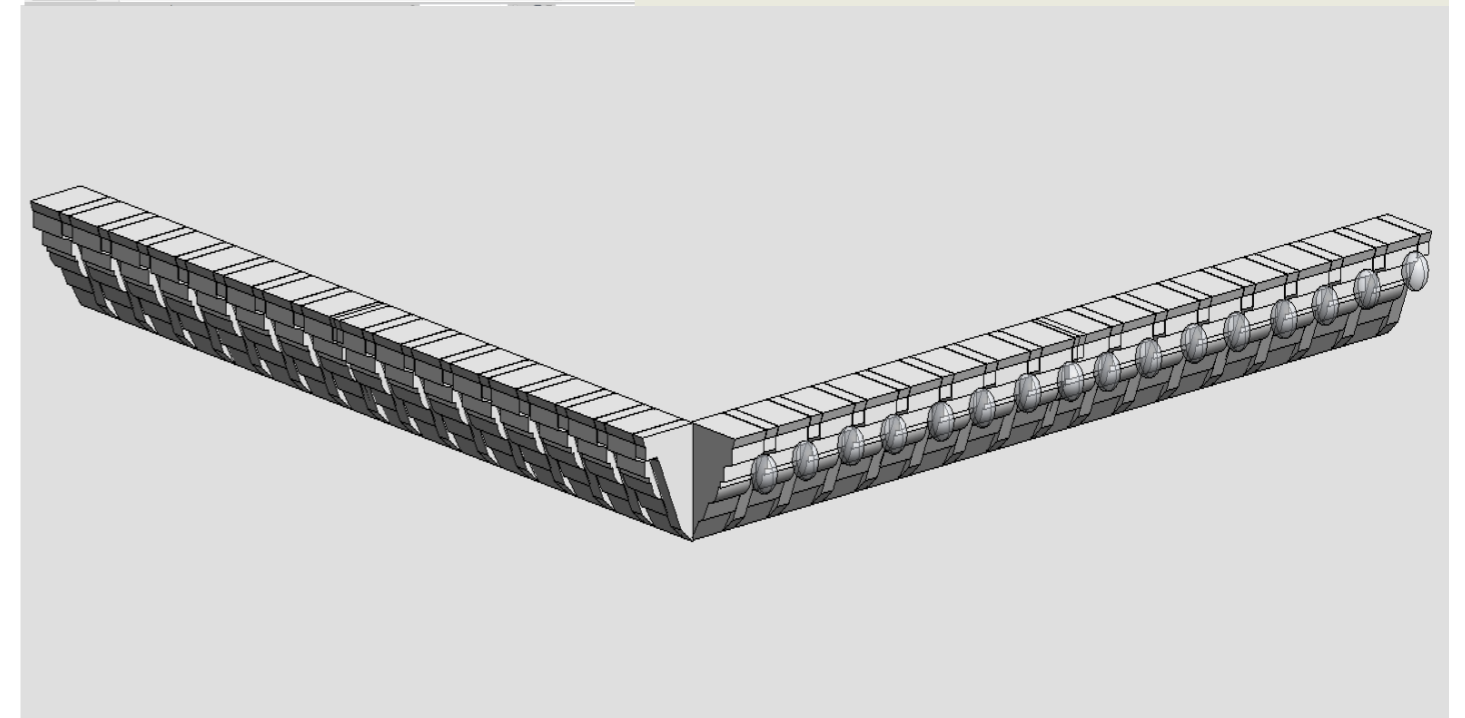
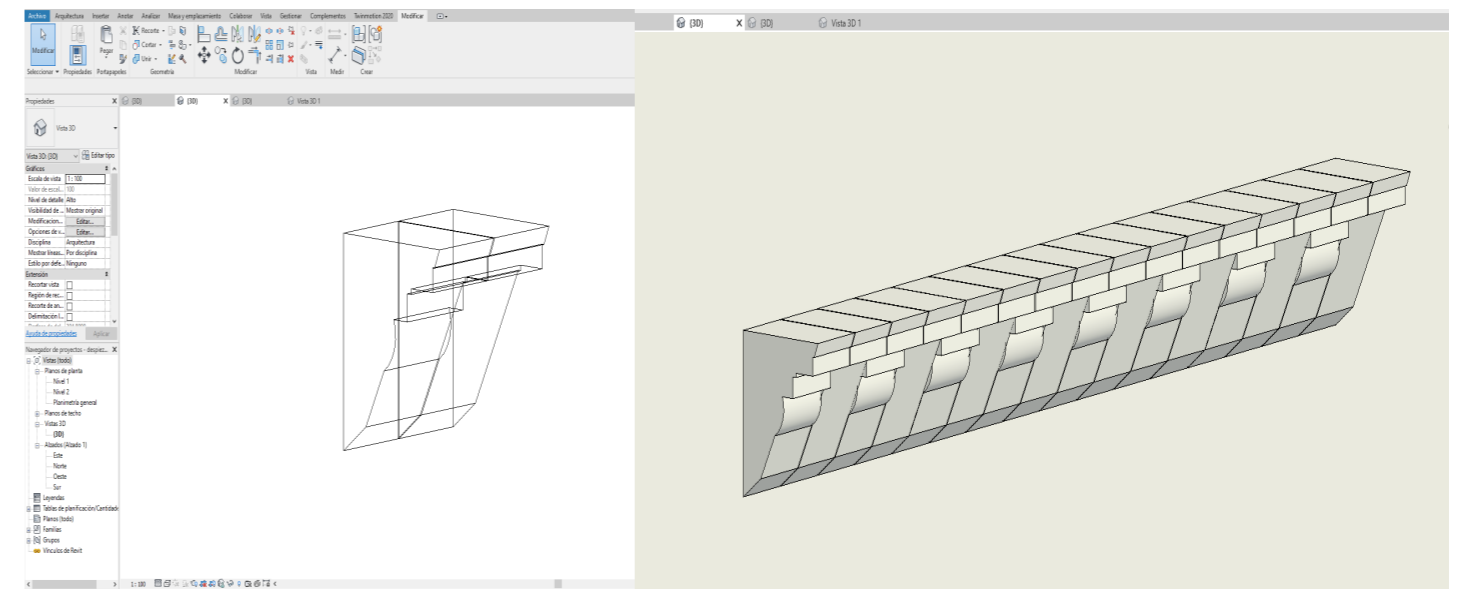


Fig 46. Fases modelado de cornisa jónica.

3.2_ Renderizado

Una vez obtenemos el volumen definitivo exportaremos el archivo con formato *.rvt* al programa de renderizado deseado, en este caso *Twinmotion*®. Es importante definir bien el modelo antes de cambiar de programa, pues no es un programa destinado a modificaciones geométricas sino a definir la estética de nuestros modelos. En primer lugar definiremos correctamente todas las aristas y resaltos de la pieza. El segundo paso consistirá en aplicar un mapeado de textura, rocosa o granulada en este caso, para potenciar la apariencia realista de la pieza. Seguidamente aplicaremos un mapa de relieve para potenciar las sombras y huecos contenidos en nuestra ornamentación. Una vez la geometría y textura queda definida completamente realizaremos el primer acercamiento a la materialidad, aplicando texturas pétreas o arenosas que se asimilen al material original, el último paso consistirá en rematar la pieza mediante la variación de su tinte, cambiando tanto el contraste de color, como la capacidad reflectante del material.

Para facilitar esta tarea a mayor escala, será necesario trabajar cuidadosamente la asignación de materiales en nuestro programa de modelado, pues a la hora de texturizar existe la opción de aplicar y modificar al mismo tiempo los objetos que posean el mismo material, facilitando mucho el proceso de renderizado global sin necesidad de aplicar materialidad “muro a muro” y pudiendo modificar sus texturas simultáneamente.



Fig 47.Fases texturizado de cornisa jónica.

A continuación se mostrarán algunas de las escenas de mayor interés en nuestro modelado antes y después de aplicar los materiales y texturas correspondientes.

Entrada principal termas de la muralla.

Muro de bloques pétreo distinguiendo en él la parte baja de color terroso, a la cual se le aplicaba una pintura que le otorgaba impermeabilidad, y la parte alta del color natural de la piedra.

Arcos y cornisas decorados mediante mosaicos de escasa ornamentación.

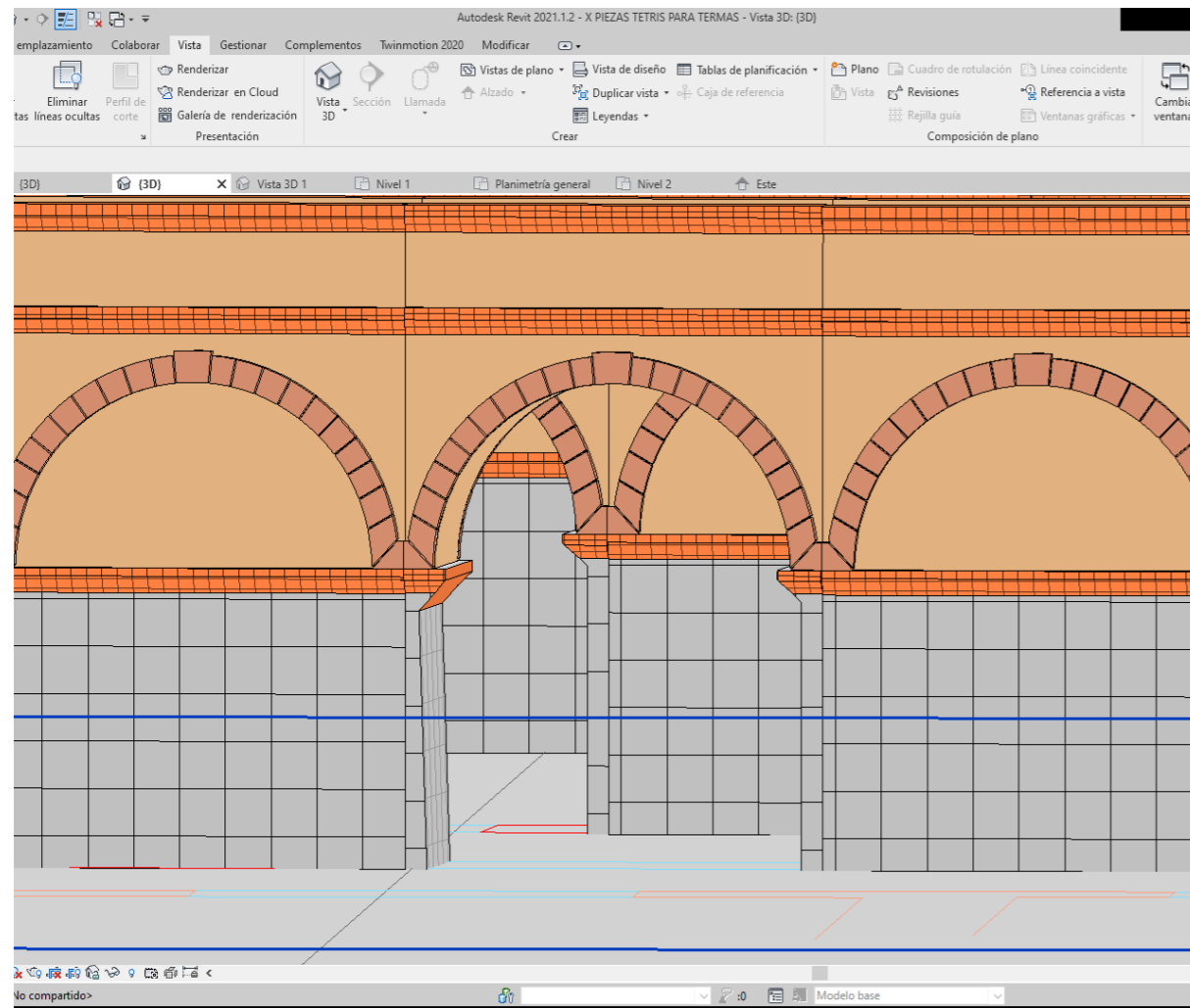


Fig 48. Entrada Termas previo a texturizado.



Fig 49. Entrada Termas texturizada.

Entrada almacén y Cúpula exterior del *Caldarium*

Materialidad pétreo revestida de azulejos planos, sin ornamentación aparente.

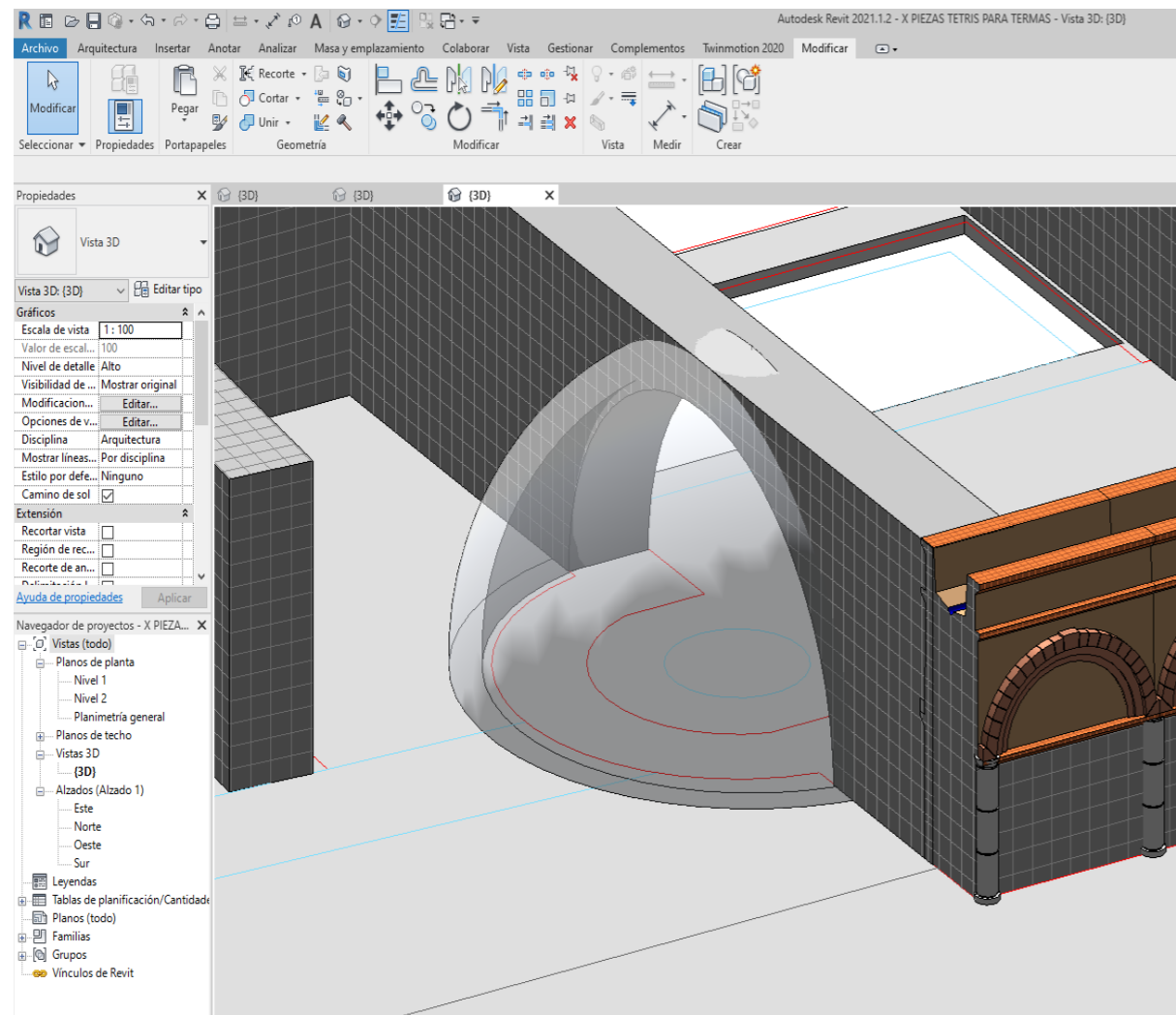


Fig 50. Cúpula *Caldarium* previo a texturizado.



Fig 51. Cúpula *Caldarium* texturizada.

Caldarium

Se destacan los tanque y caldera de cobre revestidos mediante mortero para asegurar su estanqueidad.

Se aplica en el fondo de la piscina un mosaico de apariencia similar al *Opus Insignium*, encontrado en el suelo de las Termas de *Popilio*, situadas a escasos metros de esta.

Suelo revestido de Mosaico aleatorio sin figuras o dibujos aparentes.

Efectos de Agua en movimiento y vapor de agua.

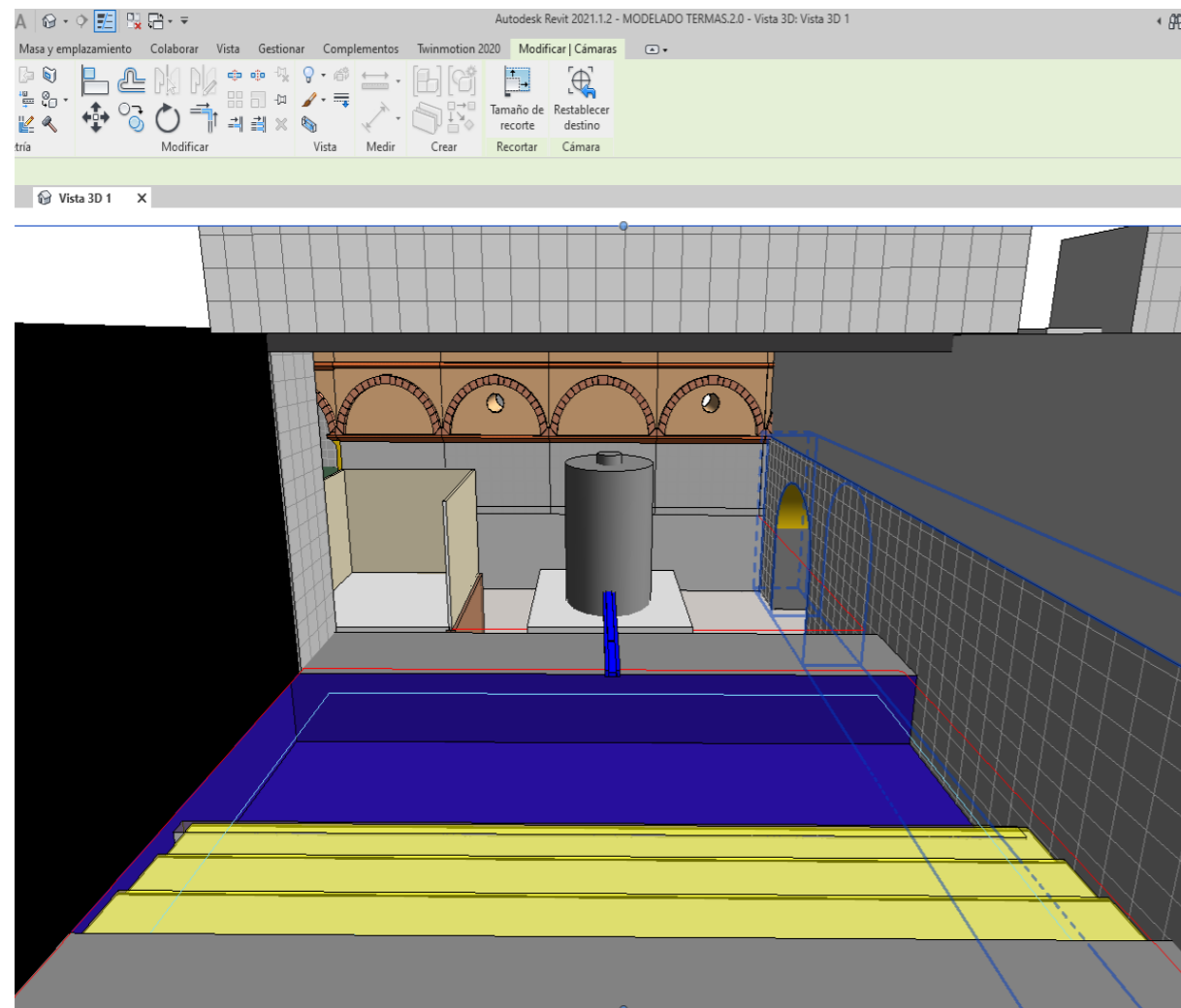


Fig 52.Caldarium previo a texturizado.



Fig 53.Caldarium texturizado.

Tepidarium

Se destacan el horno y los pilares del *Hypocaustum* compuestos de ladrillos cerámicos.

Efecto madera en combustión apreciable en el modelo virtual.

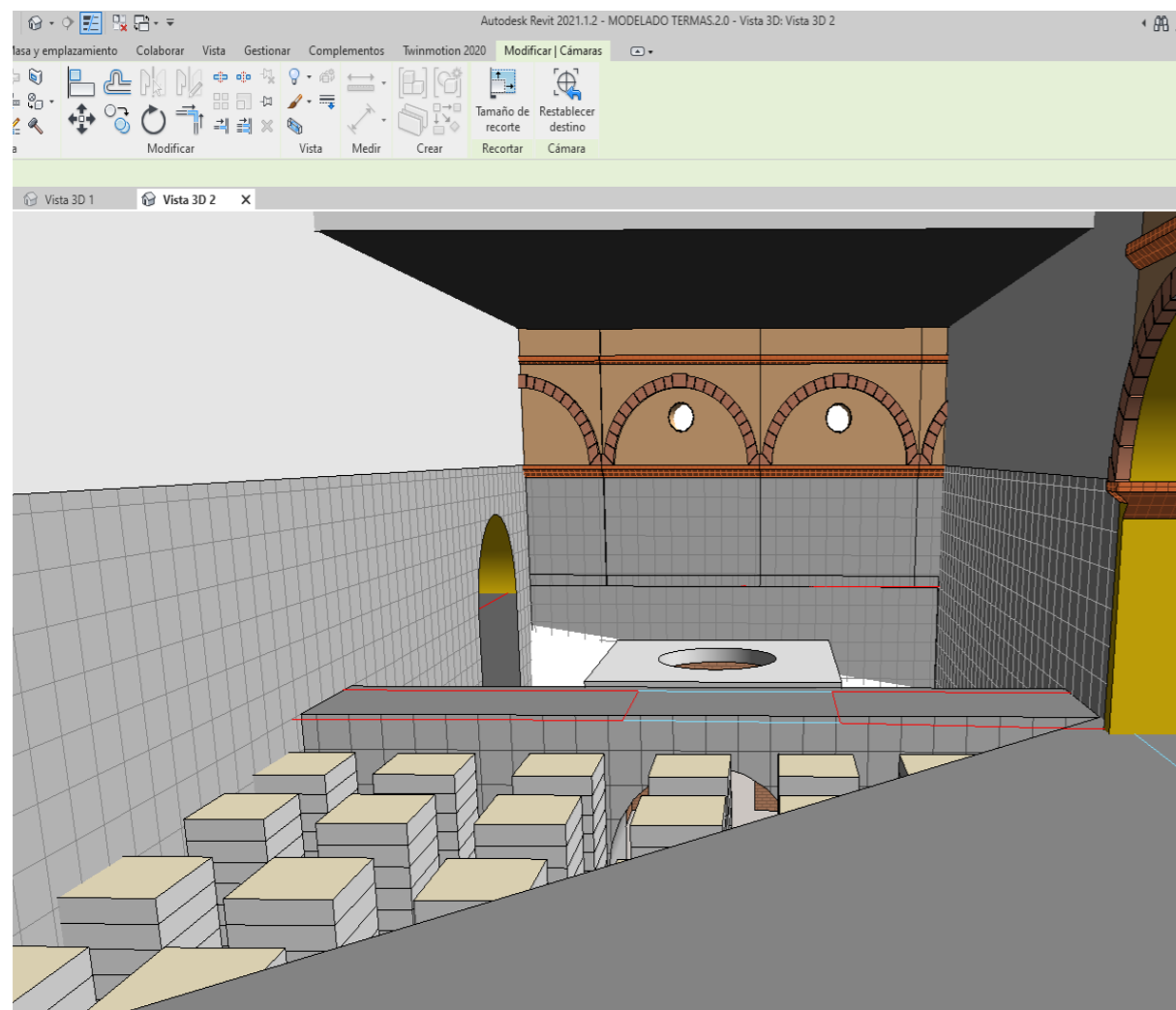


Fig 54. *Tepidarium* previo a texturizado.



Fig 55. *Tepidarium* texturizado.

Entrada piscina localizada en el *Frigidarium*

Se destacan los bancos formados por grandes bloques petreos.
Efecto de agua en movimiento en el interior de la piscina.

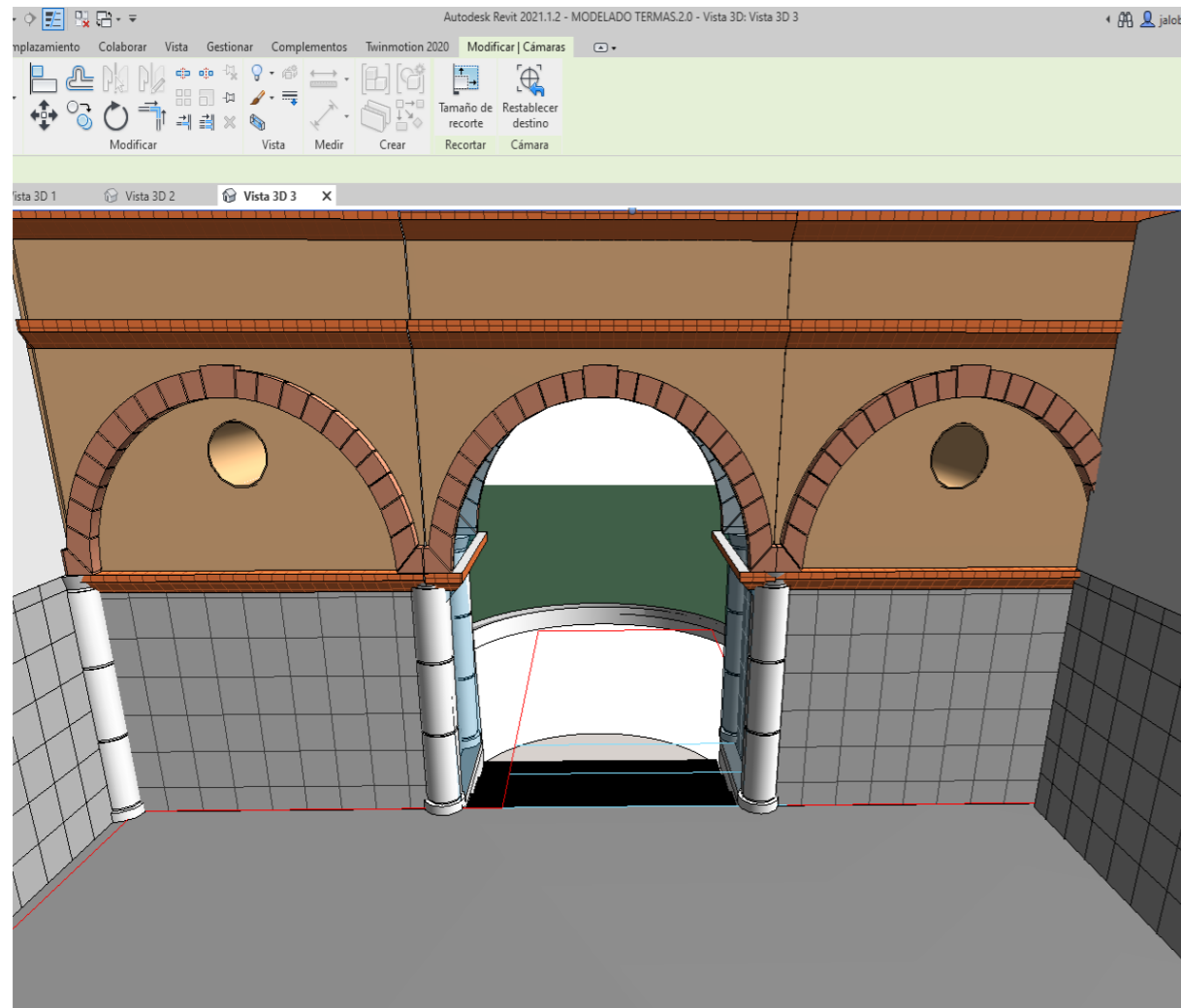


Fig 56. *Frigidarium* previo a texturizado.



Fig 57. *Frigidarium* texturizado.

Cúpula exterior, piscina del *Frigidarium*.

Materialidad pétreo revestida de azulejos planos, sin ornamentación aparente.

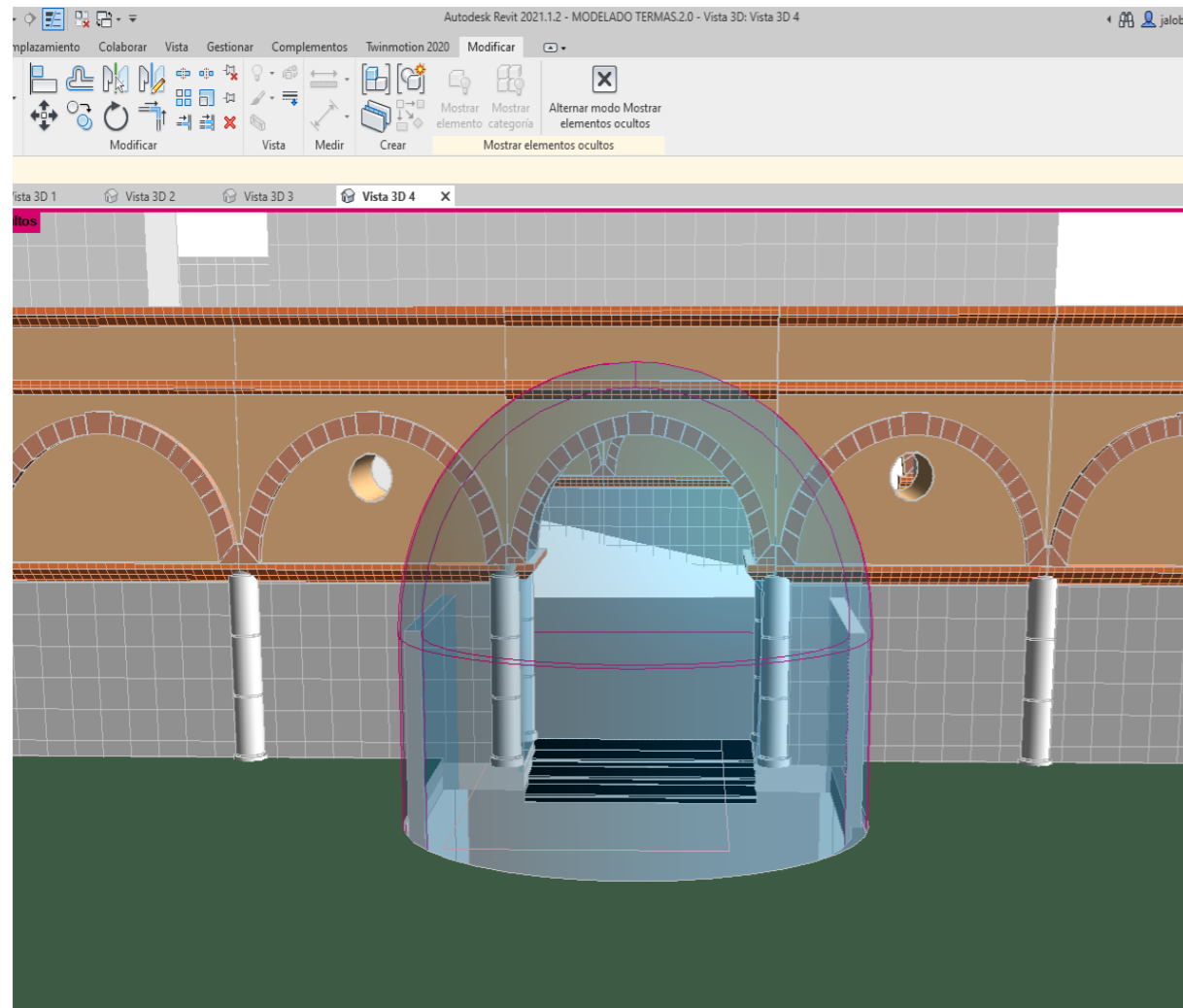


Fig 58. Cúpula *Frigidarium* previo a texturizado.



Fig 59. Cúpula *Frigidarium* texturizada.

Bóveda de cañón que constituye la cubierta del *Caldarium*
Materialidad pétreo.

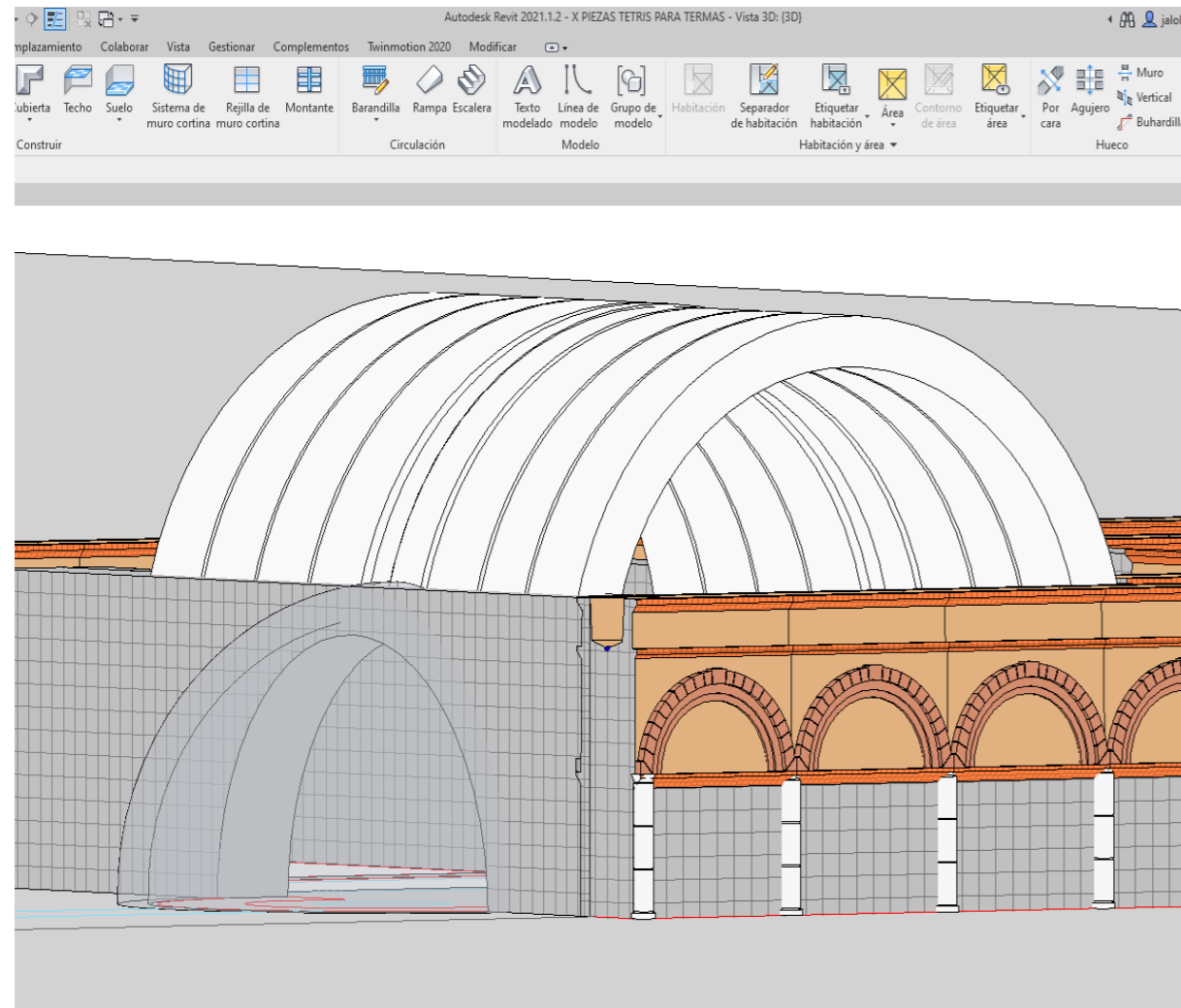


Fig 60.Bóveda cubierta del *Caldarium* previo a texturizado.



Fig 61.Bóveda cubierta del *Caldarium* texturizada.

Calle *Popilio*

Se destacan las puertas y dinteles de madera de los accesos a los comercios de la calle *Popilio*

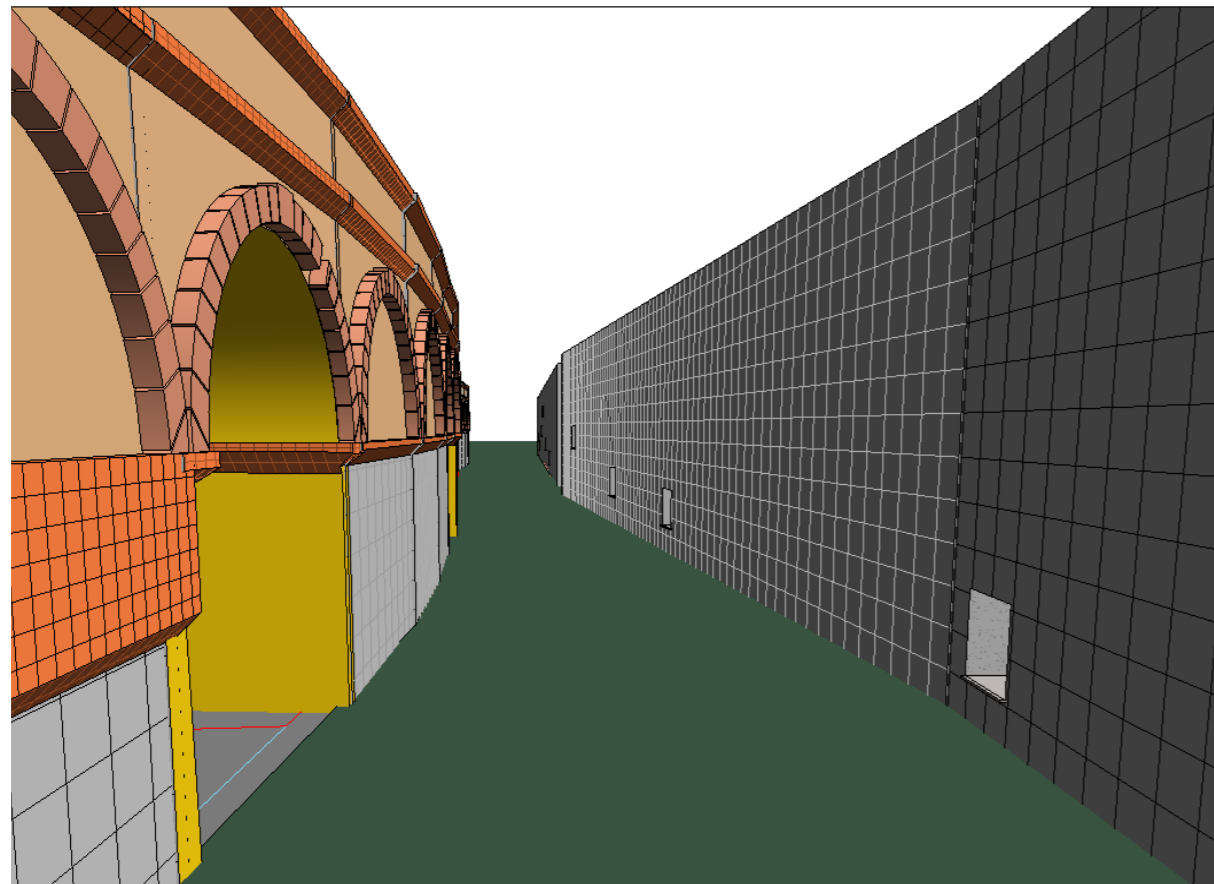
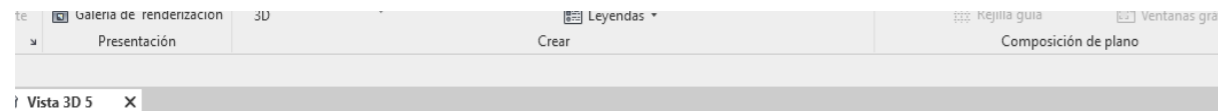


Fig 62. Calle *Popilio* previa a texturizado.



Fig 63. Calle *Popilio* texturizada.

Axonometría General

Además de los materiales ya comentados, en esta axonometría se aprecian las cubiertas a dos aguas de teja cerámica de los comercios en Calle *Popilio*.

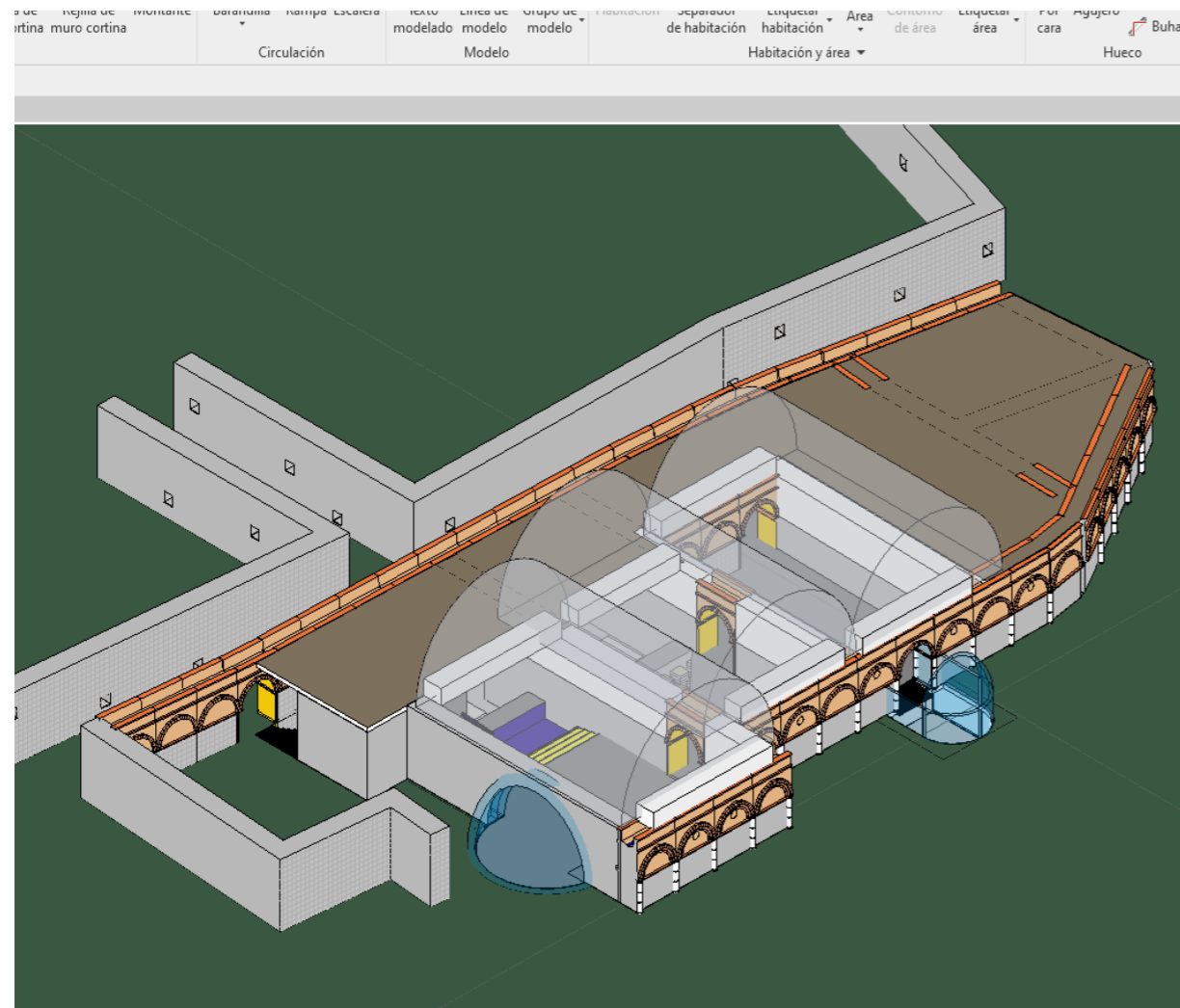


Fig 64. Axonometría termas previa a texturizado.



Fig 65. Axonometría termas texturizada.

3.3_ Inmersión en realidad virtual

Se prepara al detalle el modelo para poder disfrutar de una experiencia en primera persona mediante un visor de realidad virtual. El recorrido por el interior se puede realizar mediante dos procedimientos: El primero y mas aconsejable para una inmersión total es disponer de una nave diáfana con suficiente espacio como para desplazarte caminando por ella, lo que permite tener noción del espacio que se recorre y poder comprender las medidas reales del complejo.



Fig 66. Procedimiento de movimiento libre en Realidad Virtual.

El segundo procedimiento está pensado para poder recorrer espacios de cualquier dimensión sin necesidad de disponer de un amplia área por la que desplazarse. Mediante los controladores propios del visor se puede navegar por todo el modelo, a través de un cursor que permite avanzar hasta el punto deseado mediante un solo "click".

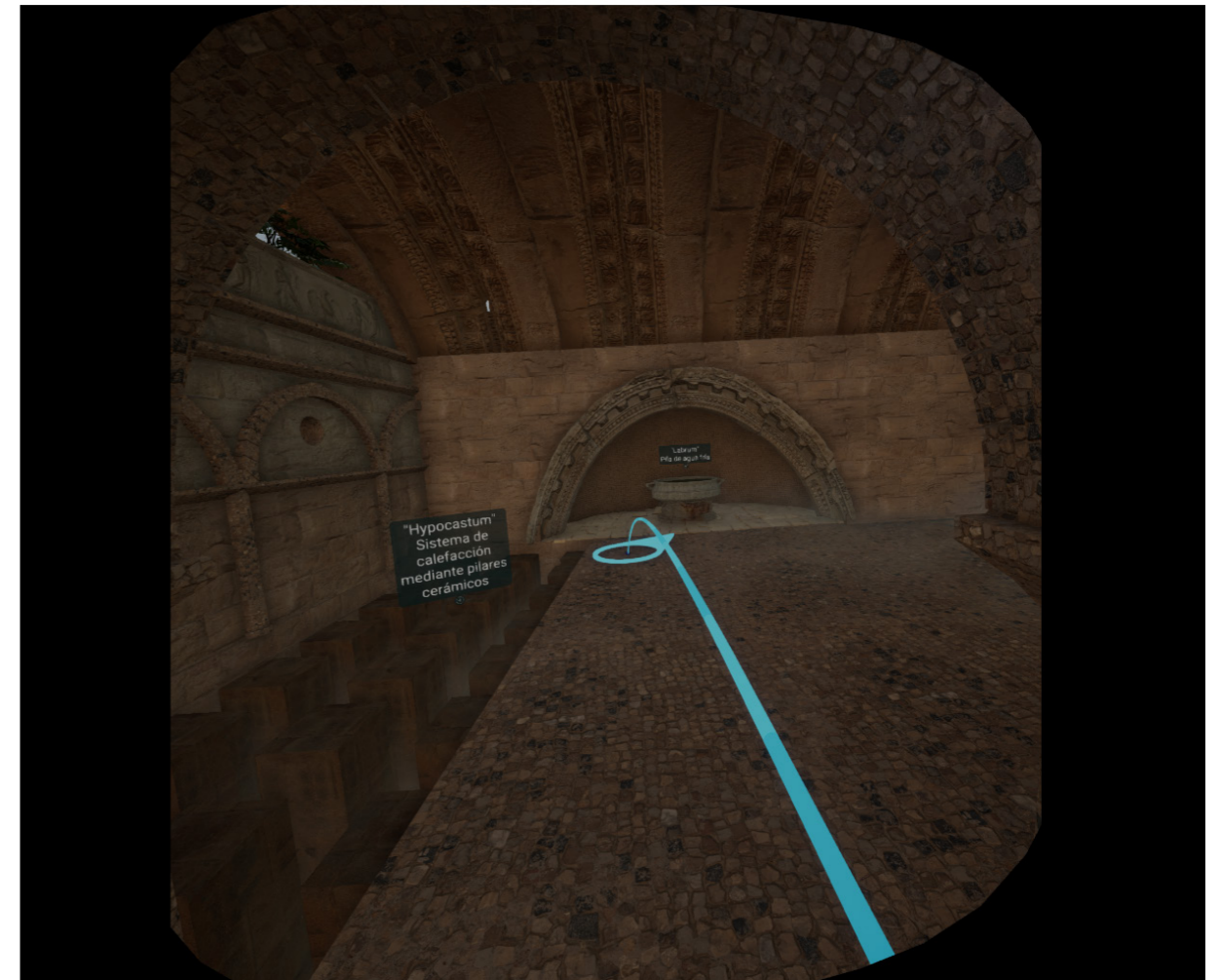


Fig 67. Procedimiento de movimiento mediante cursor en Realidad Virtual.

4_CONCLUSIONES

Finalizado el trabajo de investigación, puede llegarse a la conclusión de que tanto la realidad virtual como la aumentada pueden aportar importantes mejoras en distintos campos, suponiendo una auténtica revolución en algunos de ellos.

En muchos sectores, y cada vez más en arquitectura, se ha dejado atrás el discurso “en futuro” de la realidad virtual para hablar de ella “en presente”, convirtiéndose en una herramienta indispensable para algunas labores, entre las que se encuentran las de reconstrucción y conservación del patrimonio histórico.

Cabe resaltar la importancia de realizar estas tareas de la forma más fidedigna posible pues, al tratarse de una reconstrucción histórica, y dotarla del nombre de “realidad”, se percibirá por parte del público como una recreación veraz. Errores o aproximaciones poco certeras podrían conducir a la divulgación de datos históricos erróneos y convertir esta herramienta en un arma de doble filo que no sólo no ayudaría a la conservación del patrimonio, sino que desvirtuaría la historia, los orígenes de las técnicas, la tradición y las enseñanzas que de ello se derivan para las futuras generaciones.

Es por ello que la reconstrucción abordada en el presente trabajo se define como una mera aproximación a la realidad, pues, debido a los pocos restos que se conservan de la construcción original, las tareas realizadas se han basado en los datos recabados por el Museo Arqueológico de Alicante (MARQ) donde, a su vez, se realizó una recreación mediante ilustraciones, de acuerdo con los restos de otras Termas que coincidieron en espacio y tiempo con las de Lucentum, como las de Mura en Liria o las de Allón en Villajoyosa.

Aunque el presente trabajo únicamente acomete una nueva forma de visualización de una de sus instalaciones, la propuesta de reconstrucción de las Termas es solo un pequeño acercamiento a un proyecto con más amplias miras. Imaginemos lo que sería recorrer no sólo uno de estos habitáculos, sino experimentar lo que podría haber sido la vida cotidiana en la ciudad de Lucentum, recorrer sus calles, visitar sus tiendas e incluso observar las actividades que diariamente realizaban sus habitantes.

En relación con ello, se ha establecido un primer contacto con el MARQ de Alicante, encargado de supervisar las excavaciones de la ciudad que, aunque aún en un periodo preliminar de intercambio de ideas, se ha interesado por el proyecto hacía lo que podría ser una experiencia totalmente renovada sobre la antigua ciudad de Lucentum, donde el empleo de la tecnología podría ser un elemento de atracción de visitantes que, hoy en día, no son conocedores de la riqueza de este yacimiento y a los que un impulso tecnológico como el propuesto podría incentivar para adentrarse en la historia de nuestra ciudad.



Fig 68. Gráfico ODS intervención directa.



Fig 69. Gráfico ODS intervención parcial.



Fig 70. Gráfico ODS intervención nula.

“Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, también conocidos como Objetivos Mundiales, se adoptaron por todos los Estados Miembros en 2015 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030.”

Se han desarrollado tres gráficas en función del grado de intervención de cada uno de estos objetivos en la ciudad de *Lucentum*, procederemos a explicar el porqué de esta elección, así como la influencia real de cada uno de ellos, excluyendo los cinco puntos que no toman partido: fin de la pobreza, hambre cero, agua limpia y saneamiento, vida submarina y paz, justicia e instituciones sólidas.

Intervención directa:

4. Educación de calidad. Una de las aportaciones más sólidas de la ciudad de *Lucentum* es el aporte en educación, pues el yacimiento es literalmente historia viva y tangible de lo que fue la vida en nuestra ciudad hace miles de años.

5. Igualdad de género. El recinto promueve la igualdad en todos los ámbitos, pues no solo no restringe su admisión, sino que promueve el hecho de visitarse en grupo o familia.

7. Energía Asequible y no contaminante. Al ser un lugar de conservación histórica, no necesitar de fuentes de alimentación y estar abierto solo durante el día, no requiere prácticamente energía, lo que le lleva a ser un complejo sostenible en cuanto a consumo de suministros.

8. Trabajo decente y crecimiento económico. El hecho de ser un yacimiento, necesitar de inserciones y que además se encuentre abierto al público, implica mantener puestos de trabajo tanto en vigilancia como en conservación e investigación, y por tanto mantenerse activo como punto de economía circular.

10. Reducción de desigualdades. El complejo, al tener un precio de entrada tan reducido, posibilita la entrada a usuarios de toda clase y nivel adquisitivo.

13. Acción por el clima. Es un complejo de residuo 0, pues la actividad desarrollada en él no es contaminante en ninguna de sus actuaciones.

15. Vida de ecosistemas terrestres. El yacimiento es un espacio protegido, donde animales y vegetación son respetados, pues no se producen intervenciones constructivas en él.

17. Alianzas para lograr objetivos. *Lucentum* mantiene estrechos lazos tanto con el Museo Arqueológico de Alicante como con el ayuntamiento y distintas instituciones de la misma ciudad, y trabajan conjuntamente para ofrecerte actividades didácticas y culturales enfocadas a todos los públicos.

Intervención parcial:

9. Industria e innovación. Las búsquedas de nuevas tecnologías, aunque aún se encuentra en desarrollo, abre nuevas posibilidades comerciales en el campo de la conservación.

11. Ciudades y comunidades sostenibles. El hecho de mantener un cacho de historia intacta en el centro de la ciudad promueve el sentimiento de unión por un pasado común.

12. Producción y consumo responsable. Al considerarse un espacio protegido, las intervenciones en él son nulas o muy escasas, se producen solo cuando son indispensables.

6_ BILIOGRAFÍA

- Asunción, J., (2017). *LUCENTUM, CIUDAD IBERO-ROMANA*.
<<http://arqueologiaalicante.blogspot.com/2011/01/lucentum-ciudad-ibero-romana-alicante.html>>
[Consulta :28 de Enero de 2021].
- Cebrián, R (2000). *La producción epigráfica romana en las tierras valencianas*. Valencia: Real Academia de la Historia. [Consulta: 1 de Febrero de 2021].
- EDICIONES PLAZA, (2017). *Ahora podemos ver la historia verídica y real de este yacimiento, púnica y romana*.
<<https://valenciaplaza.com/OlcinaAhorapodemosverlahistoriaverdicayrealdeesteyacimientopnicayromana>> [Consulta: 1 de Febrero de 2021].
- Goff, C. (2019). *Termas de la Muralla*.
<<http://www.lucentumysuhistoriaenpapel.com/2013/11/termas-de-la-muralla.html>>
[Consulta: 21 de Enero de 2021].
- Grau, S (2014). *De la estructura doméstica al espacio social: Lecturas arqueológicas del uso social del espacio*. Alicante: Universidad de Alicante. [Consulta: 2 de Febrero de 2021].
- Jaunt, V., (2018). *Capturing Virtual Worlds: A Method for Taking 360 Virtual Photos and Videos*
<<http://blog.dsky.co/capturing-virtual-worlds-a-method-for-taking-360-virtual-photos-and-videos/>> [Consulta: 23 de Enero de 2021].
- LFVR (2019). *Técnicas de construcción visual en Realidad Virtual*
<<https://www.lafronteravr.com/blog/tecnicas-de-construccion-visual-en-realidad-virtual/>>
[Consulta: 23 de Enero de 2021].
- Oculus. (2017). *Equipos, juegos y gafas de realidad virtual*.
<https://www.oculus.com/?locale=es_ES> [Consulta: 23 de Enero de 2021].
- Olcina, M. (2015). *MARQ - Termas de la Muralla*.
<<https://www.marqalicante.com/Paginas/es/Termas-de-la-Muralla-P449-M1.html>>
[Consulta: 20 de Enero de 2021].
- Ramos, J., (2018). *Lucentum, la Alicante romana*.
<<https://www.lugaresconhistoria.com/lucentum-alicante>> [Consulta: 28 de Enero de 2021].
- Tarraconensis (2016). *Lucentum, Alicante*.
<<http://www.tarraconensis.com/lucentum/lucentum.html>> [Consulta: 20 de Enero de 2021].
- Tourist Info, (2015). *Yacimiento arqueológico Lucentum. Alicante*.
<<https://www.alicanteturismo.com/yacimiento-arqueologico-lucentum>> [Consulta: 26 de Enero de 2021].

- Vancisin, U., (2016). *Illuminating Past Labor: Making Transformation Processes of Historical Documents Visible*
<https://dh2020.adho.org/wp-content/uploads/2020/07/502_IlluminatingPastLaborMakingTransformationProcessesofHistoricalDocumentsVisible.html>
[Consulta: 1 de Febrero de 2021].
- Varios Autores (2016). *Estudios de arqueología, prehistoria e historia antigua*. Andavira.
[Consulta: 2 de Febrero de 2021].
- Virtual, M., (2016). *¿Qué es la realidad virtual? - Historia, funcionamiento y gafas VR*
<<http://mundo-virtual.com/que-es-la-realidad-virtual/#historia>> [Consulta: 23 de Enero de 2021].
- Wrisley, D. (2018). *Pre-visualization. IEEE 3rd Workshop for Visualization and the Digital Humanities*.<<https://dh2020.adho.org/wp-content/uploads/2020/07/502>>
[Consulta: 5 de Febrero de 2021].

7_ ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de Situación Tossal de Manises. (Google Earth).....	14	Figura 45. Materialidad cúpula en <i>Frigidarium</i> . (Elaboración propia).....	52
Figura 2. Planimetría Termas de <i>Lucentum</i> . (Museo Arqueológico de Alicante).....	16	Figura 46. Fases modelado de cornisa jónica. (Elaboración propia).....	54
Figura 3. Reconstrucción horno termas de la muralla. (Museo Arqueológico de Alicante).....	16	Figura 47. Fases texturizado de cornisa jónica. (Elaboración propia).....	56
Figura 4. Reconstrucción <i>Tepidarium</i> . (Museo Arqueológico de Alicante).....	16	Figura 48. Entrada Termas previo a texturizado. (Elaboración propia).....	57
Figura 5. Estado actual horno del <i>Tepidarium</i> . (Elaboración propia).....	16	Figura 49. Entrada Termas texturizada. (Elaboración propia).....	58
Figura 6. Estado actual <i>Hypocaustum</i> . (Elaboración propia).....	16	Figura 50. Cúpula <i>Caldarium</i> previo a texturizado. (Elaboración propia).....	59
Figura 7. Línea de tiempo Realidad Virtual. (Elaboración propia).....	18	Figura 51. Cúpula <i>Caldarium</i> texturizada. (Elaboración propia).....	60
Figura 8. Posibilidades realidad aumentada. (Elaboración propia).....	20	Figura 52. <i>Caldarium</i> previo a texturizado. (Elaboración propia).....	61
Figura 9. Creación de imágenes 360 mediante Stitcher360. (Elaboración propia).....	22	Figura 53. <i>Caldarium</i> texturizado. (Elaboración propia).....	62
Figura 10. Viajes inmersivos mediante realidad aumentada. (Elaboración propia).....	24	Figura 54. <i>Tepidarium</i> previo a texturizado. (Elaboración propia).....	63
Figura 11. Formato de visualización en gafas VR. (Elaboración propia).....	24	Figura 55. <i>Tepidarium</i> texturizado. (Elaboración propia).....	64
Figura 12. Fotografía aérea termas de la muralla. (Google Earth).....	26	Figura 56. <i>Frigidarium</i> previo a texturizado. (Elaboración propia).....	65
Figura 13. Planimetría 2D termas de la muralla. (Elaboración propia).....	26	Figura 57. <i>Frigidarium</i> texturizado. (Elaboración propia).....	66
Figura 14. Levantamiento 3D previo termas de la muralla. (Elaboración propia).....	26	Figura 58. Cúpula <i>Frigidarium</i> previo a texturizado. (Elaboración propia).....	67
Figura 15. Fotografía actual termas de la muralla. (Elaboración propia).....	28	Figura 59. Cúpula <i>Frigidarium</i> texturizada. (Elaboración propia).....	68
Figura 16. Fotografía actual <i>Hypocaustum</i> . (Elaboración propia).....	28	Figura 60. Bóveda cubierta del <i>Caldarium</i> previo a texturizado.....	69
Figura 17. Fotografía actual horno de las termas. (Elaboración propia).....	28	(Elaboración propia).	
Figura 18. Panel explicativo sala de las termas. (Elaboración propia).....	30	Figura 61. Bóveda cubierta del <i>Caldarium</i> texturizada. (Elaboración propia).....	70
Figura 19. Panel explicativo horno de las termas. (Museo Arqueológico de Alicante).....	30	Figura 62. Calle <i>Popilio</i> previa a texturizado. (Elaboración propia).....	71
Figura 20. Panel explicativo <i>Opus Insignium</i> . (Museo Arqueológico de Alicante).....	30	Figura 63. Calle <i>Popilio</i> texturizada.....	72
Figura 21. Planimetría 2D termas de la muralla. (Elaboración propia).....	32	Figura 64. Axonometría termas previa a texturizado. (Elaboración propia).....	73
Figura 22. Volcado planimetría 2D a <i>Revit</i> ®. (Elaboración propia).....	32	Figura 65. Axonometría termas texturizada. (Elaboración propia).....	74
Figura 23. Levantamiento 3D previo termas de la muralla. (Elaboración propia).....	32	Figura 66. Procedimiento de movimiento libre en Realidad Virtual.....	75
Figura 24. Modelado Bóveda de cañón. (Elaboración propia).....	34	(Elaboración propia).	
Figura 25. Materialidad Bóveda de cañón. (Elaboración propia).....	34	Figura 67. Procedimiento de movimiento mediante cursor en Realidad Virtual.....	76
Figura 26. Modelado pilares y arco de medio punto. (Elaboración propia).....	36	(Elaboración propia).	
Figura 27. Materialidad pilares y arco de medio punto. (Elaboración propia).....	36	Figura 68. Gráfico ODS intervención directa.....	79
Figura 28. Segmentación arco de medio punto. (Elaboración propia).....	38	Figura 69. Gráfico ODS intervención parcial.....	79
Figura 29. Materialidad arco segmentado. (Elaboración propia).....	38	Figura 70. Gráfico ODS intervención nula.....	80
Figura 30. Modelado cúpula semiesférica ciega. (Elaboración propia).....	40		
Figura 31. Materialidad cúpula semiesférica ciega. (Elaboración propia).....	40		
Figura 32. Vaciado cúpula semiesférica. (Elaboración propia).....	42		
Figura 33. Materialidad cúpula semiesférica vacía. (Elaboración propia).....	42		
Figura 34. Modelado piezas básicas. (Elaboración propia).....	44		
Figura 35. Materialidad piezas básicas. (Elaboración propia).....	44		
Figura 36. Conglomerado de piezas definitivo. (Elaboración propia).....	46		
Figura 37. Materialidad conglomerado de piezas. (Elaboración propia).....	46		
Figura 38. Materialidad muros de carga. (Elaboración propia).....	46		
Figura 39. Modelo de extrusión para bóveda. (Elaboración propia).....	48		
Figura 40. Modelado Bóveda de cubierta. (Elaboración propia).....	48		
Figura 41. Materialidad bóveda de cubierta. (Elaboración propia).....	48		
Figura 42. Implantación cúpula en <i>Labrum</i> . (Elaboración propia).....	50		
Figura 43. Materialidad cúpula en <i>Labrum</i> . (Elaboración propia).....	50		
Figura 44. Implantación cúpula en <i>Frigidarium</i> . (Elaboración propia).....	52		

Agradecimientos especiales a D^a Gema Sala Pérez, miembro del gabinete didáctico del Museo Arqueológico de Alicante, por el interés mostrado en el futuro desarrollo de este TFG y facilitarme el contacto con el director del MARQ y director de las excavaciones de *Lucentum*, Manuel Olcina.