



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades

Máster Universitario en Humanidades Digitales

Virtualización de los hallazgos históricos y arqueológicos del Morro de Tulcán en el Valle de Popayán

Trabajo fin de estudio presentado por:	Víctor Danilo Castro-Muñoz
Tipo de trabajo:	Proyecto
Director/a:	María Ávila Rodríguez
Fecha:	10/09/2025

Resumen

Este proyecto tuvo como finalidad crear una interfaz web interactiva que integra recursos históricos y arqueológicos del Morro de Tulcán con un modelo fotogramétrico del sitio, una reconocida estructura piramidal prehispánica ubicada en Popayán, Colombia. El objetivo principal de la plataforma es difundir y facilitar el acceso libre y centralizado a la información disponible sobre este lugar.

La metodología abarcó la revisión y consolidación de un corpus físico y digital, la digitalización de fotografías e informes de investigación, la generación de un modelo 3D mediante fotogrametría y el desarrollo de herramientas de visualización web. El resultado de investigación es un repositorio multimedia donde los usuarios pueden explorar imágenes, textos y recursos audiovisuales vinculados a las distintas narrativas construidas en torno al Morro de Tulcán. Este proyecto aporta a la difusión del patrimonio cultural y a la preservación de la memoria colectiva, ofreciendo una herramienta digital accesible para que investigadores, estudiantes y comunidades interesadas en el pasado y presente del lugar puedan conocer el valor histórico, simbólico y cultural del sitio

Palabras clave: Morro de Tulcán, Fotogrametría, Virtualización, Patrimonio, modelado 3D

Abstract

This project aimed to create an interactive web interface that integrates historical and archaeological resources related to the Tulcan Hill, a well-known pre-Hispanic pyramidal structure located in Popayán, Colombia, along with a photogrammetric 3D model of the site. The main objective of the platform is to promote and facilitate open and centralized access to available information about this place.

The methodology included the review and consolidation of a physical and digital corpus, the digitization of photographs and research reports, the generation of a 3D model through photogrammetry, and the development of web visualization tools. The outcome of the research is a multimedia repository where users can explore images, texts, and audiovisual materials linked to the various narratives constructed around the Tulcan Hill. This project contributes to the dissemination of cultural heritage and the preservation of collective memory, offering a digital tool accessible to researchers, students, and communities interested in the historical, symbolic, and cultural value of the site.

Keywords: Tulcan Hill, Photogrammetry, Virtualization, Heritage, 3D Modeling

Agradecimientos

Este proyecto no habría sido posible sin el acompañamiento, respaldo y confianza de quienes creyeron en la propuesta desde las primeras ideas hasta su implementación final.

Expreso mi especial gratitud a la Dra. María Ávila Rodríguez, directora del TFM, por su orientación académica y constante disposición; a la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR) por ofrecer el entorno académico propicio para el desarrollo de este trabajo, y al profesorado del Máster en Humanidades Digitales por su orientación y rigor formativo.

A la Facultad de Artes y al Departamento de Diseño de la Universidad del Cauca, por su respaldo y confianza en permitirme explorar caminos entre las Humanidades y el Diseño; al Grupo Diseño & Sociedad y a su directora Dra. Marisol Orozco-Álvarez por posibilitar el espacio de investigación-creación, especialmente, a los estudiantes del Semillero de investigación Memorias e Historiografías, por acoger esta iniciativa con entusiasmo y acompañar las jornadas de Fotogrametría.

A la Facultad de Ciencias Humanas y sociales, al Centro de Investigaciones José María Arboleda Llorente y a los Departamentos de Historia y Antropología de la Universidad del Cauca, especialmente al Dr. Hernando Javier Giraldo Tenorio, por abrir las puertas a su investigación y acoger de buen modo esta iniciativa. Así mismo, agradecer al Semillero de Arqueología por el amable recibimiento durante sus jornadas de exploración del Morro de Tulcán.

Al Ingeniero Juan Camilo López y al Diseñador Visual Yeiner Yuñiga, Pilotos de Drone que apoyaron y participaron en la fotogrametría Aérea. Especialmente, al Centro de Instrucción Aeronáutico Escamérica y filial Xcadrone por poner a disposición sus equipos; especialmente a su presidente Guillermo Morales Casallas. Al ingeniero Julio Enoc Parra por su asesoría y conversaciones.

Especial reconocimiento a las comunidades, investigadores y personas que han contribuido a preservar la memoria del Cerro del Tulcán, y de los pueblos originarios del suroccidente colombiano en el Valle de Pubenza. A quienes compartieron generosamente archivos, imágenes o relatos que hoy integran esta interfaz o que harán parte en un futuro.

Finalmente, agradezco profundamente a mi familia, colegas y amistades, cuya presencia constante fue guía, refugio y motor durante todo este intenso camino.

Índice de contenidos

Contenido

PRELIMINARES	10
1.1. Introducción.....	10
1.2. Justificación	12
1.3. Agentes, equipos y socios.....	14
1.4. Escala del proyecto.....	16
2. Objetivos	17
2.1. Objetivo general	17
2.2. Objetivos específicos	17
3. Metodología	18
3.1. Descripción general del proceso metodológico	18
3.2. Enfoque metodológico	19
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	20
4. Definición de hitos.....	21
5. Indicadores y desarrollo metodológico.....	24
5.1. Fase 1. Investigación preliminar	26
5.1.1. Construcción de cadenas de Búsqueda para bases de datos académicas, repositorios y bibliotecas especializadas	26
5.1.2. Construcción y registro en la matriz de resultados.....	27
5.1.3. Resultados de la revisión documental.....	28
5.1.4. Lectura y fichado de fuentes	28
5.1.5. Recolección de otras fuentes y recursos	31
5.1.6. Búsqueda física y clasificación de archivo.....	33
5.2. Fase 2. Digitalización y tratamiento de archivo	35

5.2.1.	Digitalización de fotografías y documentos	35
5.2.2.	Escaneo de negativos	36
5.2.3.	Vuelo de Drone y fotogrametría aérea	37
5.2.4.	Jornadas de fotogrametría de corta distancia	41
5.3.	Fase 3. Modelado y construcción de entorno visual	46
5.3.1.	Generación de la escena base mediante RenderDoc.....	46
5.3.2.	Visualización en entorno de prueba local	48
5.4.	Fase 4. Estructura del entorno de desarrollo	50
5.4.1.	Estructura y nomenclatura del proyecto TFM.....	50
5.4.2.	Estructura de Carpetas del proyecto	51
5.4.3.	Arquitectura general y organización de archivos	53
5.4.4.	Configuración inicial, carga del modelo y puntos temáticos	54
5.4.5.	Recursos multimedia del piloto de interfaz	56
5.4.6.	Descripción de la interfaz web	57
5.4.7.	Interactividad avanzada y diseño de experiencia	63
5.4.8.	Metodología <i>work in progress</i> y naturaleza de la interfaz.....	64
5.5.	Fase 5. Proyección de estrategia de difusión	66
5.5.1.	Socialización preliminar del visor y expectativa de validación.....	66
5.5.2.	Articulación con actores clave	66
5.5.3.	Estrategias de participación y medios de difusión	67
5.5.4.	Conexiones entre espacio físico y entorno digital.....	68
6.	Conclusiones.....	69
7.	Referencias bibliográficas	71
8.	Anexos	76

Índice de figuras

Ilustración 1. Visita de reconocimiento del Morro de Tulcán	31
Ilustración 2. Graffitis sobre la base del Monumento derribado	32
Ilustración 3. Revisión general del Archivo Muerto sobre el Instituto Etnológico del Cauca ..	33
Ilustración 4. Fotografía del oficio de entrega del Donante del Archivo, historiador Héctor Llanos Vargas	34
Ilustración 5. Estuches con negativos de Julio Cesar Cubillos	35
Ilustración 6. Capturas de pantalla de carpetas y mosaicos finales de negativos digitalizados	36
Ilustración 7. Zona de vuelo en Drone Deploy	37
Ilustración 8. Base de la antigua estatua de Belalcázar	38
Ilustración 9. Revisión de la Areonave. Ilustración 10. La Policía detiene la operación	38
Ilustración 11. Visualización de mosaico de imágenes en MetaShape	39
Ilustración 12. Ilustración 13. Procesado de imágenes para fotogrametría	39
Ilustración 14. Ilustración 15. Ilustración 16. Procesado de malla y polígonos del modelo. ...	40
Ilustración 17. Procesado de modelo finalizado, sin limpieza de zona de interés.....	40
Ilustración 18. Modelo en blender con base	41
Ilustración 19. Semillero de antropología en excavaciones recientes en el Morro de Tulcán	42
Ilustración 20. Equipo de arqueología haciendo limpieza del espacio para fotogrametría	43
Ilustración 21. Mosaico de fotografías de excavaciones.....	44
Ilustración 22. Equipo de colaboradores llegando al sitio arqueológico	44
Ilustración 23. Vista previa de fotogrametría con aplicación Kiri	45
Ilustración 24. Grabación de modelo en Render Doc con imágenes de satélite de google	46
Ilustración 25. Limpieza de modelo en Blender	47
Ilustración 26. Visualización previa del modelo con imágenes de satélite	47

Ilustración 27. Visualización de prueba de modelo en entorno web..... 48

Ilustración 28. Integración de la Fotogrametría de realización propia en la interfaz Web del Morro de Tulcán 49

Ilustración 29. Maqueta de entorno web inicial 50

Ilustración 30. Boceto esquemático de ubicación de puntos en la interfaz..... 54

Ilustración 31. Boceto esquemático de la visualización general de la interfaz..... 55

Ilustración 32. Modo navegación libre de la interfaz web 57

Ilustración 33. Pantalla de bienvenida con items de información 58

Ilustración 34. Pantallas de hostpots o botones de recorrido 59

Ilustración 35. Visualización de imágenes en interfaz web..... 60

Ilustración 36. Visualización de videos en interfaz web..... 60

Ilustración 37. Mapa de ubicación del sitio arqueológico..... 61

Ilustración 38. Integración web del mapa con los otros ítems de información 61

Ilustración 39. Visualización de interfaz en versión para móviles..... 62

Ilustración 40. Visualización de menú principal 63

Ilustración 41. Visualización de control de claro y oscuro 63

Índice de tablas

Tabla 1. Plan de trabajo por fases, actividades, acciones y cronograma semanal 21

Tabla 2. Definición de hitos 22

Tabla 3. Tabla de indicadores 25

Tabla 4. Plantilla de matriz de recursos multimedia para piloto de interfaz 57

Tabla 5. Matriz de cadenas de búsqueda 76

Tabla 6. Matriz de recursos multimedia seleccionados para interfaz..... 77

Tabla 7. Modelo de gestión de ficha bibliográficas 82

PRELIMINARES

1.1. Introducción

La interfaz digital que aquí se propone se concibe como una herramienta de diálogo frente a los debates contemporáneos sobre la memoria histórica y el patrimonio cultural en Popayán, tomando como eje central el caso del Morro de Tulcán. Mediante la integración de técnicas de fotogrametría, modelado 3D y diseño web interactivo, se busca visibilizar las múltiples narrativas vinculadas a este sitio arqueológico, facilitando su acceso y comprensión por parte de estudiantes, profesores, investigadores y público en general.

La iniciativa surge de la necesidad de abordar críticamente las representaciones coloniales e indígenas del espacio público, problematizadas en 2020 con el derribo de la estatua de Sebastián de Belalcázar por parte de la comunidad Misak. Para algunos, este acto constituyó un juicio histórico simbólico (DW 2020; France24 2020); para otros, fue un atentado contra la ciudad y su patrimonio. Esa polarización revela la dificultad de construir una memoria colectiva que reconozca la pluralidad de voces y experiencias (Londoño Díaz 2022).

A mediados de los años 60 del siglo XX, el Morro de Tulcán, fue considerada una pirámide prehispánica única en Colombia, explorada entre 1955 y 1958 por el arqueólogo Julio César Cubillos, quien luego de varias excavaciones, identificó 4.795 fragmentos de cerámica, 745 piezas de material lítico, 19 cuentas de concha y 5 volantes de huso. Con base en esos hallazgos, propuso que el sitio cumplía una función ritual para la sociedad que la construyó (Cubillos 1959). Investigaciones recientes, sin embargo, plantean otra interpretación: el Morro pudo haber sido un asentamiento doméstico, dadas las herramientas de uso cotidiano encontradas y su ubicación estratégica (Giraldo, Díaz Astaiza y Corrales 2023).

En el transcurso de la investigación, se acompañó excavaciones en curso realizadas por Semillero de Arqueología del Departamento de Antropología de la Universidad del Cauca. Una colaboración que contribuyó al levantamiento fotogramétrico de dos sectores excavados. Aunque estos materiales aún no pudieron integrarse ni detallarse completamente en este informe, ni en la interfaz por encontrarse en análisis y proceso de publicación, se espera que puedan incorporarse en futuras versiones del visor.

Por otro lado, vale mencionar que esta propuesta se inscribe en el marco normativo colombiano, en el artículo 72 de la Constitución reconoce que “el patrimonio cultural de la

Nación está bajo la protección del Estado”. Se apoya también en disposiciones como la Ley 397 de 1997 y la Ley 1185 de 2008, y en acuerdos internacionales como la Carta de Venecia (1964) y la Carta de Quito (1967), que promueven enfoques integrales, sostenibles e inclusivos de conservación patrimonial.

Desde el ámbito académico, la iniciativa se vincula a los debates de las Humanidades Digitales aplicadas al patrimonio, en la intersección entre archivo, memoria y acceso abierto. Como diseñador gráfico, docente universitario e investigador en formación, el autor plantea aquí una estrategia transdisciplinar que enlaza diseño, historia, arqueología y tecnología para ofrecer una lectura crítica de los relatos históricos en disputa.

Este documento se organiza en cinco capítulos: el primero expone el contexto general, los antecedentes y la justificación de la propuesta; el segundo presenta los objetivos, el enfoque metodológico, los hitos y la organización del trabajo; el tercero detalla los indicadores en cada una de las fases de investigación, digitalización y modelado 3D; el cuarto describe el desarrollo del entorno web interactivo; y el quinto aborda la proyección cultural y apropiación comunitaria de la iniciativa. Se incluyen también las referencias bibliográficas y los anexos técnicos correspondientes.

El repositorio multimedia resultante se encuentra disponible para consulta pública en línea, en la siguiente dirección: <https://morrodetulcanvirtual.com>

1.2. Justificación

El Morro de Tulcán constituye uno de los casos más complejos de conflicto simbólico y patrimonial en Colombia. En pleno centro histórico de Popayán, este montículo artificial de origen prehispánico ha sido interpretado como lugar de culto funerario o como asentamiento doméstico indígena (Cubillos 1959; Giraldo et al. 2023). También ha sido escenario de narrativas que lo transformaron y resignificaron, como ocurrió en 1937 con la instalación de la estatua ecuestre de Sebastián de Belalcázar durante las conmemoraciones del centenario de la independencia. Ese gesto, supuso para algunos sectores de la ciudadanía, un relato apologético de la conquista europea en América y cuestionó la decisión de ubicar un símbolo que la representa sobre un espacio ancestral, para este proyecto, dicha tensión es reflejo de la disputa permanente entre memoria local y discurso oficial en el contexto colombiano.

Prueba de ellos, fue el derribo de la estatua en septiembre de 2020 por parte del pueblo Misal, que reabrió discusiones fundamentales sobre el patrimonio, la memoria y la justicia histórica. Para algunos, fue un acto legítimo de resistencia frente al legado colonial (Pueblos en Camino 2020); para otros, una afrenta contra la ciudad y su herencia cultural, “un discreto florero de Llorente que avisa al pueblo que la deforestación cultural suele disfrazarse de buenas intenciones” (Rico Navarro 2020). Esta polarización mostró la urgencia de contar con espacios permitan la coexistencia de distintas memorias, para confrontarlas estableciendo diálogos entre ellas (El País 2020).

De ahí que la propuesta de un lugar donde se ubique información de distintos sectores e interpretaciones, cobra sentido como una respuesta propositiva ante la necesidad de diálogo. Por lo tanto, este proyecto propone la creación de un repositorio web que integre fuentes históricas, hallazgos arqueológicos y reconstrucciones 3D, útil tanto para la academia como para la ciudadanía en general al reunir y contextualizar materiales dispersos. En ese marco, surge la pregunta que orienta la investigación: ¿cómo diseñar un recurso digital en torno al Morro de Tulcán que favorezca el diálogo y el reconocimiento de distintas miradas sobre su historia, su territorio y su valor simbólico?

Referentes internacionales iluminan el camino. La experiencia de Botica et al. (2024) en el Valle del Côa, Portugal, con documentación fotogramétrica y modelos 3D georreferenciados, demuestra el potencial de la digitalización de alta precisión para articular ciencia, memoria e

interpretación patrimonial. De forma complementaria, la propuesta de Laurențiu et al. (2023), basada en visualización 3D interactiva de datos multimodales en plataformas web abiertas, resalta la importancia de entornos accesibles e interoperables. Ambos casos inspiran la estrategia técnica y conceptual adoptada.

El carácter transdisciplinar de la iniciativa la convierte en un ejercicio significativo dentro de las Humanidades Digitales, integrando aprendizajes del máster en Humanidades Digitales de la Universidad UNIR, con una problemática concreta del contexto local. La combinación de fotogrametría, modelado 3D, curaduría de datos y diseño de interacción abre la posibilidad de explorar nuevas formas de narrativa digital que respondan a criterios de accesibilidad, descentralización y apropiación social. El potencial divulgativo y la articulación con instituciones como la Sala de Arqueología del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca amplían además su alcance educativo. A futuro, la integración del visor como recurso museográfico podría enriquecer tanto la enseñanza como la apropiación comunitaria del patrimonio.

En suma, la propuesta busca documentar un sitio arqueológico, con el propósito de aportar a la mediación crítica entre pasados superpuestos, memorias en conflicto y futuros posibles; con miras a la construcción de una narrativa más inclusiva del patrimonio colombiano, capaz de situar nuevas preguntas en torno a la diferencia, el disenso, y de abrir espacios de diálogo a través de tecnologías digitales con el enfoque humanista reflexivo.

1.3. Agentes, equipos y socios

El presente proyecto cuenta con un equipo en conformación, puesto que el núcleo de necesidades exige estar compuesto por profesionales vinculados a los campos del diseño, la antropología, las humanidades digitales y las tecnologías aplicadas al patrimonio. A continuación, se describen los perfiles involucrados y proyectados para la ejecución del repositorio interactivo.

Investigador principal: Víctor Danilo Castro-Muñoz, estudiante del Máster en Humanidades Digitales de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), tesista en Historia de la Universidad del Cauca y diseñador gráfico. Su experiencia docente en asignaturas como Historia del Diseño, Diseño de Información y producción transmedia ha facilitado el enfoque interdisciplinar del proyecto. Además, ha liderado procesos relacionados con patrimonio, visualización 3D y mediación digital, lo cual le permite asumir de forma integrada roles en diseño 3D, desarrollo web y gestión general del proyecto.

Asesor académico y colaborador externo: Hernando Javier Giraldo, antropólogo de la Universidad del Cauca y Ph.D. en Antropología por la University of Pittsburgh, ha sido el principal investigador del Morro de Tulcán en investigaciones arqueológicas recientes.

Colaboradores técnicos (asumidos por el investigador principal): Dado su perfil interdisciplinar, el investigador principal asumirá los siguientes roles, apoyado puntualmente por asistentes;

- **Diseño 3D:** Aplicación de técnicas de modelado, fotogrametría y animación 3D con enfoque histórico.
- **Desarrollo Web:** Programación e integración de la interfaz interactiva en entornos HTML, CSS y JavaScript, incluyendo la incorporación de modelos glTF y recursos multimedia.
- **Diseño Web:** Implementación visual del entorno, con criterios de accesibilidad y la posibilidad de integrar recursos georreferenciados (GIS).

Asistentes de investigación: Se cuenta con la participación de estudiantes del semillero de investigación Memorias e Historiografías del grupo de investigación Diseño & Sociedad de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca. Su apoyo se proyecta para tareas como fotogrametría, documentación de campo, registro audiovisual y asistencia técnica.

Especialista en drones (colaborador proyectado): El proyecto vinculó un operador de drones con conocimientos específicos en fotogrametría aérea, para el levantamiento de imágenes y generación de modelos de terreno que complementen el corpus visual del repositorio.

1.4. Escala del proyecto

La propuesta se sitúa en una escala media, tanto por la densidad del corpus documental trabajado como por la complejidad técnica de integrar modelos fotogramétricos 3D en una interfaz web interactiva. De esta manera, el proyecto se concibe como un ejercicio exploratorio, que lleva a cabo un proceso en distintas fases: búsqueda bibliográfica, digitalización, modelado tridimensional, catalogación y selección de archivo histórico, además de la publicación en un entorno accesible en línea.

Cada etapa implicó metodologías específicas, como la fotogrametría, la catalogación técnica y el diseño de recursos narrativos orientados a la divulgación patrimonial. La planificación modular permitió avanzar de manera ordenada en alcanzar los objetivos, sin perder de vista el tiempo disponible y la posibilidad de ampliar o enriquecer la propuesta en versiones futuras.

Con lo anterior, se considera que este proyecto deja sentadas bases sólidas para su continuidad. Esa condición le otorga un carácter replicable y proyectable, capaz de servir como referente para otras iniciativas de documentación y puesta en valor del patrimonio cultural, dentro y fuera del contexto local.

2. Objetivos

2.1. OBJETIVO GENERAL

Difundir el conocimiento sobre las narrativas históricas y patrimoniales existentes en el Morro de Tulcán mediante el uso de tecnologías digitales, apoyándose en los hallazgos arqueológicos hechos hasta el momento y debates contemporáneos en torno al tema.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar los hallazgos históricos y arqueológicos sobre el Morro de Tulcán y experiencias e interfaces en arqueología y humanidades digitales similares.
- Localizar, catalogar y organizar fotografías históricas del Morro de Tulcán y de los hallazgos arqueológicos.
- Reconstruir virtualmente el Morro de Tulcán y desarrollar herramientas que permitan a los usuarios explorar los modelos 3D, consultar la información histórica y acceder a recursos asociados.
- Proyectar una estrategia de difusión a través de plataformas académicas, redes sociales y eventos educativos, teniendo en cuenta distintos actores potencialmente interesados.

3. Metodología

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO METODOLÓGICO

La ejecución de la propuesta se organizó en distintas fases que fueron dando forma al proceso. La primera, de investigación preliminar, se centró en revisar los hallazgos arqueológicos conocidos y reunir la información histórica relevante sobre el Morro de Tulcán, además de explorar bibliografía de estudios comparables. Este trabajo inicial sirvió como base para las etapas posteriores y permitió entender el sitio desde diferentes ángulos.

En la segunda fase, dedicada a la digitalización, se trabajó con documentos y materiales de archivo para conformar un corpus de recursos en torno al lugar. Almacenando y organizando información, de tal manera que se facilitara su consulta y posterior integración en el entorno digital. La tercera fase correspondió al modelado 3D, donde se aplicaron técnicas de fotogrametría para recrear el Morro de Tulcán en un entorno virtual. Este paso marcó un momento clave del proceso, pues permitió visualizar de manera interactiva lo que antes estaba limitado a registros escritos o fotográficos dispersos.

La cuarta fase estuvo orientada al diseño de la plataforma web, logrando integrar recursos creados y recopilados, de manera accesible e inclusiva, para que cualquier persona, pudiera recorrer e interpretar los materiales. Por último, la quinta fase se dedicó a la difusión. Proyectando una propuesta dirigida hacia la comunidad local y otros públicos interesados potencialmente en el diálogo sobre el valor histórico y cultural del Morro.

3.2. Enfoque metodológico

El trabajo se inscribe en la investigación aplicada de carácter transdisciplinar, articulando las humanidades digitales, el diseño, la arqueología, la historia y la comunicación digital.

Se asumió una perspectiva de investigación-creación. Por lo tanto, la metodología se desarrolló por fases, combinando herramientas cualitativas —como el análisis documental, la observación y el trabajo de campo— con técnicas propias de la visualización digital, entre ellas la fotogrametría, el modelado 3D y el diseño de interacción. Estos enfoques permitieron reconocer los elementos históricos y materiales más relevantes del sitio arqueológico y transformarlos en contenidos accesibles e interactivos, en coherencia con los principios de preservación y divulgación del patrimonio.

A lo largo del proceso fue fundamental mantener una perspectiva situada, atenta a las necesidades de la problemática en territorio, atendiendo a la disputa simbólica del Morro de Tulcán. Esa postura metodológica guía la selección de materiales y la toma de decisiones técnicas y comunicativas de la interfaz, recordando que cada recurso digital habla tanto del sitio como de la manera en que lo narramos.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Durante el desarrollo de la propuesta se aplicaron diversas técnicas de recolección de información documental, escritas y audiovisuales, lo que permitió consolidar un corpus representativo compuesto tanto por fuentes textuales como por recursos físicos y digitales. La revisión bibliográfica especializada partió de una matriz temática de búsqueda en bases académicas como JSTOR, Scopus, RedALyC, Dialnet, Google Scholar y la biblioteca virtual de la UNIR. Para ello se establecieron criterios de selección basados en cinco ejes —temático, técnico, tecnológico, metodológico y narrativo—, y se elaboraron fichas analíticas que permitieron ordenar los hallazgos y darles coherencia frente a la pregunta de investigación.

Otro tipo de recursos digitales, como imágenes, videos y documentos, se recolectaron utilizando buscadores, redes sociales y plataformas web. En paralelo, se llevó a cabo la consulta de archivo físico, logrando acceder al “archivo muerto” de la Universidad del Cauca, correspondiente a materiales vinculados al Instituto Etnológico compuesto por documentos sobre los trabajos de Julio César Cubillos y Gregorio Hernández de Alba. La labor supuso más de diez visitas para la revisión de sobres con negativos, informes y correspondencia, además de tres jornadas de digitalización en el Centro de Investigaciones José María Arboleda Llorente (CIJMAA). El registro fotográfico y el escaneo de documentos se realizaron con escáneres de alta resolución (300 dpi) para negativos y mediante fotografía directa en el caso de documentos frágiles. Estos recursos se organizaron en carpetas digitales con criterios de tipología, procedencia y cronología estimada, lo que permitió estructurar un repositorio inicial de consulta.

Por otro lado, se realizó el levantamiento de información geográfica a través de fotogrametría aérea con dron (Mavic Air 2), en dos jornadas de campo que generaron un modelo tridimensional del Morro de Tulcán. Las imágenes georreferenciadas fueron procesadas en programas como Agisoft Metashape y Blender, lo que dio lugar a una primera aproximación al modelo 3D del sitio.

En conjunto, estas técnicas hicieron posible recuperar y conservar información relevante para luego interpretarla y traducirla en contenidos digitales estructurados que nutren la interfaz, entendida aquí como un espacio abierto de exploración y diálogo.

4. Definición de hitos

Tabla 1. Plan de trabajo por fases, actividades, acciones y cronograma semanal

Fase	Actividad	Acción	Semanas
Investigación preliminar	Revisión bibliográfica	Búsqueda en bases de datos y repositorios	S1 a S 6
		Consultas en UNIR, Scopus, JSTOR, Google Scholar	
	Organización de resultados	Registro de metadatos y referencias en matriz	
	Lectura y fichado	Elaboración de fichas analíticas (15 seleccionadas)	
	Trabajo de campo	Visita técnica y registro fotográfico	
Digitalización y archivo	Levantamiento de corpus	Localización de fondos en archivo muerto (CIJMAA)	S7 a S11
		Escaneo de negativos (TIFF 300 dpi)	
		Captura fotográfica de documentos frágiles	
	Procesamiento y catalogación	Creación de matrices de corpus	
	Inventario final	Matriz de recursos finales	
Modelado 3D y entorno visual	Fotogrametría propia	Jornadas de fotogrametría (vuelos cde prueba)	S12 a S17
		Videogrametría de contingencia (a partir de video)	
	Procesamiento fotogramétrico	Nube de puntos y malla (Metashape)	
	Optimización del modelo	Limpieza y materiales en Blender	
	Exportes y pruebas	Exportar GLB/FBX/OBJ y validación local	
Plataforma web e interacción	Estructura inicial	Organización en carpetas /models, /img, /js, /css	S18 a S22
	Carga del modelo	Integración de modelo 3d a Web	

	Hotspots narrativos	Definir puntos para botones de menú y contenido	
	Accesibilidad	WCAG básica y responsive	
Proyección de estrategia de difusión	Prospecto de Pasos a seguir	Plan de promoción	S23 a S24

Elaboración propia, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Tabla 2. Definición de hitos

Fase	Hito
Investigación preliminar	Finalización de la búsqueda bibliográfica y fichas analíticas seleccionadas
Digitalización y archivo	Corpus documental digitalizado y organizado con inventario final
Modelado 3D y entorno visual	Primer modelo 3D optimizado y probado en entorno local
Plataforma web e interacción	Integración del modelo y hotspots narrativos en la interfaz web con diseño responsive
Proyección de estrategia de difusión	Plan preliminar de socialización y difusión con actores locales

Elaboración propia, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Los hitos que marcaron el desarrollo de la investigación se concibieron como momentos de inflexión en los que las decisiones técnicas y conceptuales cerraron ciclos de investigación o abrieron nuevas rutas. La primera etapa se concretó en la revisión bibliográfica y la elaboración de fichas analíticas, una base sólida que permitió reconocer debates, enfoques metodológicos y experiencias comparables. Entre las semanas 1 y 6, se llevó a cabo la

búsqueda y selección de textos: su culminación se representa en la selección de literatura y referencias organizadas temáticamente.

Entre las semanas 7 y 11, el trabajo se trasladó al archivo y se materializó en un corpus documental digitalizado y organizado. El inventario final, construido a partir de negativos, cartas y documentos frágiles, dio forma a un archivo vivo, que preserva la memoria material y la vuelve disponible en formatos reutilizables y sostenibles.

El tercer hito se situó entre las semanas 12 y 17: la generación de un primer modelo 3D optimizado. Más allá de un logro técnico, este momento evidenció las tensiones entre lo deseado y lo posible: el dron no pudo volar en el Morro, y la fotogrametría se resolvió con videogrametría y recursos alternativos. Lo que podría haberse visto como limitación, se transformó en un aprendizaje sobre la adaptabilidad metodológica y el peso del contexto en proyectos digitales de patrimonio.

El cuarto hito correspondió a la integración del modelo en la interfaz web entre las semanas 18 y 22. Aquí se definieron los hotspots narrativos, se aseguraron criterios de accesibilidad y se implementó un diseño responsive. Fue el momento en el que las piezas dispersas (documentos, imágenes, modelo, código) se encontraron en un mismo espacio digital.

Finalmente, el quinto hito se desarrolló en las semanas 23 y 24: la formulación de una estrategia preliminar de socialización y difusión. Este paso fue una proyección del potencial del proyecto hacia la comunidad, planteando un escenario en el que el visor no se limite al ámbito académico, sino que dialogue con habitantes, instituciones y colectivos culturales.

5. Indicadores y desarrollo metodológico

Los indicadores permiten evaluar el sentido y nivel de desarrollo en cada fase. En el ámbito documental, la meta era consolidar un corpus digitalizado y organizado, con al menos cincuenta ítems dotados de metadatos básicos. La bibliografía se midió por la pertinencia fichas analíticas elaboradas, que orientaron directamente el desarrollo conceptual y técnico del proyecto.

En cuanto al modelado, el indicador clave fue la obtención de un archivo GLB optimizado, validado en entorno local. La narrativa se midió por la implementación de cinco hotspots temáticos activos y funcionales, cada uno acompañado de recursos multimedia. Estos debían dialogar entre sí, creando una experiencia accesible y comprensible. La accesibilidad, por su parte, se reflejó en la aplicación de pautas WCAG básicas y en un diseño responsive.

En el plano de la sostenibilidad, los indicadores incluyeron la publicación en dominio propio con disponibilidad mínima de dos años, así como la existencia de una estructura modular de carpetas que facilite la replicabilidad. Finalmente, en el ámbito de difusión, el objetivo fue contar con al menos tres instancias de socialización preliminar —pilotos, talleres o presentaciones—, entendidas como espacios de validación cultural.

Tabla 3. **Tabla de indicadores**

Dimensión	Indicador	Criterio de valoración
Documentación	Nº de documentos digitalizados y organizados en inventario final	Almacenamiento de referencias con metadatos básicos
Bibliografía	Nº de fichas analíticas elaboradas	Selección de fichas completas
Modelado 3D	Existencia de un modelo optimizado en entorno local web	Archivo GLB sin errores críticos
Interfaz web	Tiempo de carga y compatibilidad multiplataforma	Navegación móvil fluida
Narrativas	Nº de hotspots implementados con recursos multimedia	4 puntos narrativos activos y funcionales
Accesibilidad	Implementación de criterios WCAG básicos y diseño responsive	Menús legibles, contraste adecuado, textos alternativos
Sostenibilidad	Publicación en dominio propio y disponibilidad mínima	Dominio activo 2 años; repositorio modular organizado
Proyección de Difusión	Estrategias iniciales de socialización con actores clave	Identificación de actores y oportunidades de socialización

Elaboración propia, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

5.1. Fase 1. Investigación preliminar

En principio se realizó una recolección bibliográfica estructurada en tres acciones sucesivas: (I) búsqueda, (II) clasificación temática y (III) lectura y fichado. Para la búsqueda, se proyectó e implementó una estrategia de consulta en bases de datos académicas, repositorios y bibliotecas especializadas. Posteriormente, se construyó una matriz temática con los resultados más frecuentes en torno a la arqueología y las humanidades digitales. Y por último se realizó la lectura detallada y análisis de las fuentes definidas para identificar aspectos relevantes a tener en cuenta en el proyecto, para ello se construyeron fichas de lectura.

5.1.1. Construcción de cadenas de Búsqueda para bases de datos académicas, repositorios y bibliotecas especializadas

La consulta se realizó con base en dos perspectivas articuladas; una orientada a reunir materiales vinculados a los hallazgos históricos y arqueológicos en torno al Morro de Tulcán y otra dirigida a identificar experiencias e interfaces de divulgación web afines a la arqueología digital y las humanidades digitales.

Dado que el objetivo era consolidar referencias pertinentes para las distintas fases del proyecto, se establecieron cinco ejes de búsqueda: temático, técnico, tecnológico, metodológico y narrativo; dentro de cada eje se establecieron dos conceptos operativos relacionados con los objetivos del proyecto. A partir de cada cruce entre eje y concepto se diseñaron cadenas de búsqueda guías, ejecutadas en escalas local, nacional e internacional, con la expectativa de recuperar al menos dos resultados en español, dos en inglés y dos en otros idiomas (*ver anexo 1. Matriz de cadenas de búsqueda*). Esta delimitación metodológica permitió estructurar las consultas, establecer criterios de selección y optimizar la probabilidad de resultados cercanos al proyecto.

El eje temático delimitó las palabras clave en torno al “Morro de Tulcán” en el contexto “Popayán”, “Cauca”—priorizando términos asociados como “indígenas”, “arqueología” y “pirámide”. El eje técnico se centró en conceptos relacionados con la generación y tratamiento de materiales digitales, como “digitalización”, “fotogrametría” y “aplicaciones web”. El eje tecnológico incorporó herramientas y estándares abiertos para la publicación y

visualización de recursos digitales, tales como “glTF”, “Three.js”, “Potree”, “3DHOP”, Leaflet”, “Mapbox” con “GeoJSON”, “WGS84”, “IIIF” y “OAI-PMH”, junto con pautas básicas de accesibilidad en la “interfaz”. El eje metodológico buscó proyectos, artículos y referencias relacionados con la difusión del “patrimonio” arqueológico y la aplicación de fotogrametría, priorizando aquellas experiencias que ofrecen herramientas y estrategias para presentar la información al espectador de forma clara, accesible y contextualizada. Por último, el eje narrativo buscó reconocer aspectos “didácticos”, “comunicativos” y “pedagógicos” que permitieran al visitante comprender el recorrido planteado y relacionar las narrativas históricas o arqueológicas en torno al patrimonio, con los componentes interactivos del proyecto.

Para cada eje se identificaron términos clave, sinónimos y equivalentes multilingües (ES, EN, PT, FR) con el fin de ampliar la cobertura y asegurar pertinencia en contextos locales, nacionales e internacionales. Sobre esta base, se diseñaron cadenas de consulta optimizadas que combinan operadores booleanos, comillas para coincidencias exactas y variaciones idiomáticas controladas, orientadas a minimizar falsos positivos. Estas cadenas se probaron en plataformas priorizadas según su especialización —Biblioteca UNIR, JSTOR, Google Scholar, Scopus— y se vincularon a una escala sugerida de búsqueda, desde Popayán y Cauca en el plano local, Colombia en el Nacional, hasta América, Latinoamérica y Europa en el internacional. Este enfoque permitió estructurar un repertorio de consultas trazables, alineadas con los objetivos de cada eje.

5.1.2. Construcción y registro en la matriz de resultados

La matriz de resultados se construyó a partir de categorías clave —ejes temáticos, conceptos operativos, cadenas de búsqueda y metadatos como título, idioma, fuente, escala, autor, año, tipo de documento, DOI o URL, referencia extensa y referencia corta—, con el fin de organizar de forma estandarizada la información recopilada. El registro de la información en la matriz se realizó de forma progresiva y controlada. Haciendo una revisión rápida de los resultados que arrojaban las cadenas de búsqueda en cada repositorio. Fueron registrados los resultados

más relevantes que fueran insumo para el análisis posterior, asegurando referencias metodológicas en todas las etapas del proyecto.

5.1.3. Resultados de la revisión documental

A partir de las búsquedas realizadas en la Biblioteca UNIR y Google Scholar, se obtuvo un 88 resultado en la primera plataforma y más de 17.200 en la segunda. Sumando las consultas totales de las cadenas de consulta. Vale aclarar que algunas cadenas de búsqueda permitieron filtrar resultados de forma óptima, con resultados cortos entre 5 a 20, lo que permitía revisar los materiales y seleccionar. Cuando los resultados de la consulta eran muy amplios se optaba por revisar las primeras páginas o aumentar palabras clave como humanidades, arqueología, interfaz web. Ambas fuentes sirvieron como punto de acceso a otros repositorios académicos, como ProQuest, Dialnet, SciELO, Academia.edu y portales institucionales especializados.

Para la selección de cada recurso se tomó en cuenta la disponibilidad del texto completo, la calidad y relevancia académica, así como la afinidad temática con los objetivos del trabajo. Este proceso de depuración dio como resultado una selección final de 74 documentos que conforman el corpus definitivo del análisis.

5.1.4. Lectura y fichado de fuentes

Una vez concluida la fase de búsqueda documental se realizó una depuración del corpus. Primero, se realizó una lectura crítica y fichado analítico. Este proceso tuvo como objetivo transformar el conjunto de fuentes seleccionadas en insumos aplicables al desarrollo conceptual, técnico y narrativo del modelo digital propuesto en el Trabajo de Fin de Máster. Ya fuera el modelado del Morro, la estructuración del visor web o el diseño de la experiencia interactiva. Del total del corpus se seleccionaron 15, por su aplicabilidad. A continuación, se detallan sus aportes por eje:

La búsqueda en el eje tecnológico reúne los textos que abordan el uso de estándares abiertos, formatos compatibles con la web y tecnologías aplicadas a la visualización 3D del patrimonio. Se priorizaron aquellos que explican o aplican herramientas como glTF, Three.js o WebGL. Por

ejemplo, *A Proposal for a FAIR Management of 3D Data in Cultural Heritage* (Barzaghi et al., 2024) ofrece una propuesta integral para el manejo responsable de datos 3D, con enfoque FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable). Este enfoque es altamente relevante para pensar la sostenibilidad futura del modelo y su posible replicación. “Visualizador avanzado de modelos 3D para la web” (Badia Valdés, 2021) describe la construcción de visores con Three.js, similar a lo implementado en el prototipo del proyecto. Este documento orientó buenas prácticas en organización del código, carga eficiente y compatibilidad web. “Diseño de una interfaz de usuario adaptativa basada en web...” (Araujo Tabares, s. f.) es uno de los textos más completos en cuanto a estructura de carpetas, integración de Blender y uso de DRACO para compresión de modelos, reflejando un flujo de trabajo casi idéntico al utilizado en este TFM. “A Catch 22 of 3D Data Sustainability” (Richards-Rissetto y von Schwerin, 2017) aporta una lectura crítica sobre la accesibilidad y durabilidad de datos 3D, lo que motivó reflexiones sobre la escalabilidad y futuro mantenimiento del visor. “Thinking Through the Tool” (Spence Morrow y Wernke, 2024) ofrece un enfoque tecnopolítico del uso de herramientas en arqueología colaborativa, útil para pensar el rol del visor más allá de lo técnico.

La búsqueda en el eje técnico se centró en las técnicas de captura, documentación y preparación de modelos 3D. Las fuentes elegidas explican métodos de fotogrametría y optimización de mallas, aspectos claves en la etapa de modelado del Morro “Análisis de la fotogrametría...” (Torreño Piñero, 2022) presenta una guía clara sobre cómo implementar fotogrametría en contextos patrimoniales. Aunque no se realizó escaneo directo, su lectura aportó argumentos para defender la opción alternativa de captura desde RenderDoc. “Contribuições da fotogrametria...” (Silva, 2022) ofrece una revisión detallada sobre la fotogrametría en arqueología, con especial atención al proceso de documentación. Fue útil para establecer criterios de calidad en modelos y metadatos. “Bridging Legacies” (Owusu-Yeboah, 2025), si bien cruza con lo metodológico, incluye pasos técnicos precisos sobre digitalización de objetos culturales, estructura de carpetas y flujos de trabajo colaborativos, haciendo de puente entre lo técnico y lo comunitario.

En el eje narrativo se agruparon textos que abordan el rol de la narrativa en la divulgación patrimonial. Estos documentos influyeron en el diseño de las vistas interactivas, los textos de apoyo y las animaciones de cámara en el visor. “La herencia del dios Varón” (Amado Garzón y

Barrera, 2020) ofrece un ejemplo de guía digital aplicada al patrimonio local, con enfoque pedagógico. Inspiró el modelo de navegación entre puntos y la presentación textual de contenidos históricos. “From Photogrammetry to the Dissemination of Archaeological Heritage...” (Caro y Hansen, s. f.) detalla el uso de motores gráficos para recorridos patrimoniales. Aunque el proyecto no usó Unity, el enfoque narrativo fue aprovechado para estructurar transiciones y dinámicas visuales. “Modelado digital 3D a partir del análisis morfológico de cerámicas...” (Vásquez, 2025) es una experiencia ecuatoriana que combina modelado con interpretación cultural. El texto demuestra cómo el modelado puede ir más allá de lo técnico y convertirse en una herramienta narrativa para la memoria ancestral.

Los textos del eje metodológico fueron clave para pensar la interacción con comunidades, la validación cultural del modelo y la dimensión participativa del proyecto. También aportaron marcos para reflexionar sobre sostenibilidad, escalabilidad y ética. “Comunicar el Patrimonio” (Ojeda Bernal, 2020) propone una visión de la narrativa digital como herramienta de apropiación cultural. Fue uno de los insumos más importantes para pensar el visor como un dispositivo de mediación crítica y educativa. “Experiencing Ancient Buildings from a 3D GIS Perspective” (Dell’Unto et al., 2016) muestra cómo combinar documentación 3D con mapas y narrativas. Inspiró la posible integración de geolocalización y capas de contenido para una futura ampliación del modelo. “Nuevas tecnologías aplicadas a los estudios patrimoniales...” (Lucendo Díaz et al., 2020) discute la utilización de drones y tecnología móvil en procesos arqueológicos. Aunque no fue posible usar drones en este caso, el texto permitió establecer el estándar de captura que se intentó replicar con herramientas alternativas.

Aunque el eje temático no está vinculado directamente con el modelado técnico, sus textos aportan sentido, contexto y reflexión crítica sobre el patrimonio en disputa. Fueron fundamentales para el contenido que se mostrará en las vistas narrativas del visor. “A Decolonial and Pedagogic Fall on Tulcan Hill” (Guerrero-Hernández, 2023) es el documento clave del eje temático, pues articula de forma rigurosa la caída del monumento en el Morro de Tulcán con procesos de memoria, pedagogía crítica y representación espacial. Fue base teórica para el discurso narrativo del visor y coherente con las tensiones sociales y académicas existentes en torno al Morro de Tulcán. Cabe aclarar que se prevé complementar este eje con

contenidos adicionales que emerjan de redes sociales, archivos institucionales y testimonios, los cuales se vincularán en futuras fases como parte de la interfaz interactiva.

En conclusión, este conjunto de textos seleccionados ha permitido dotar al proyecto de una base sólida y transversal. Cada uno aporta una pieza del rompecabezas que compone el visor: desde las herramientas y formatos, hasta la narrativa, la interacción y el significado cultural de lo que se representa. Estos documentos han sido leídos, aplicados, interpretados y adaptados a las necesidades particulares del proyecto, lo que refuerza su pertinencia como fuentes de referencia principal en el TFM.

5.1.5. Recolección de otras fuentes y recursos

Visita al Morro de Tulcán.

Se llevó a cabo una visita técnica al Morro de Tulcán con el objetivo de documentar el entorno físico, evaluar el estado de conservación del sitio y obtener insumos visuales para la interfaz digital. La actividad consistió en una serie de recorridos guiados por el perímetro del Morro y su parte alta, en los que se aplicaron criterios de documentación fotográfica, observación cualitativa y análisis del espacio como escenario de disputa simbólica contemporánea. Esta visita también permitió evaluar las condiciones logísticas para la grabación del video instructivo y futuras acciones de escaneo 3D mediante fotogrametría.

Ilustración 1. Visita de reconocimiento del Morro de Tulcán



Fotografía propia, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Durante la visita se realizó un registro fotográfico exhaustivo utilizando una cámara Sony ZVE-10. Las fotografías incluyeron accesos principales, escalinatas, restos del pedestal del monumento derribado, caminos peatonales y visuales hacia el centro histórico. Se tomaron imágenes desde diferentes niveles y ángulos, identificando zonas de intervención reciente, estructuras informales y marcas simbólicas dejadas por colectivos ciudadanos. Las imágenes fueron organizadas y etiquetadas por ubicación, utilidad (referencia, ilustración, documentación) y prioridad de uso para el visor.

Ilustración 2. Grafitis sobre la base del Monumento derribado



Fotografía propia, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Además, se identificaron huellas de acciones contemporáneas como grafitis, placas espontáneas, instalaciones efímeras (como cruces o pañuelos) y remanentes de protestas. Se documentó el estado del pedestal del antiguo monumento a Sebastián de Belalcázar, actualmente vacío, así como la presencia de marcas pintadas sobre el cemento de la base en

la cima de la estructura que hacen referencia a reivindicaciones sociales de grupos anticolonialistas. Esta observación fue registrada en notas de campo y fotografías, con el fin de alimentar una de las vistas del visor dedicada a la resignificación simbólica del espacio.

5.1.6. Búsqueda física y clasificación de archivo.

Durante la primera jornada se contó con la compañía del Dr. Javier Hernando Giraldo Tenorio, arqueólogo de la Universidad del Cauca, quien tenía le interés de conocer los negativos fotográficos existentes en el archivo disponible en el Centro de Investigaciones José María Arboleda Llorente; se procedió a la exploración del fondo documental en compañía también de la directora del Centro, Mg. Beatriz Quintero. Se identificaron documentos mecanografiados, negativos, cartas manuscritas, dibujos y artículos de prensa. Cada documento fue registrado según la clasificación hecha el Historiador Héctor Llanos Vargas, donante del archivo

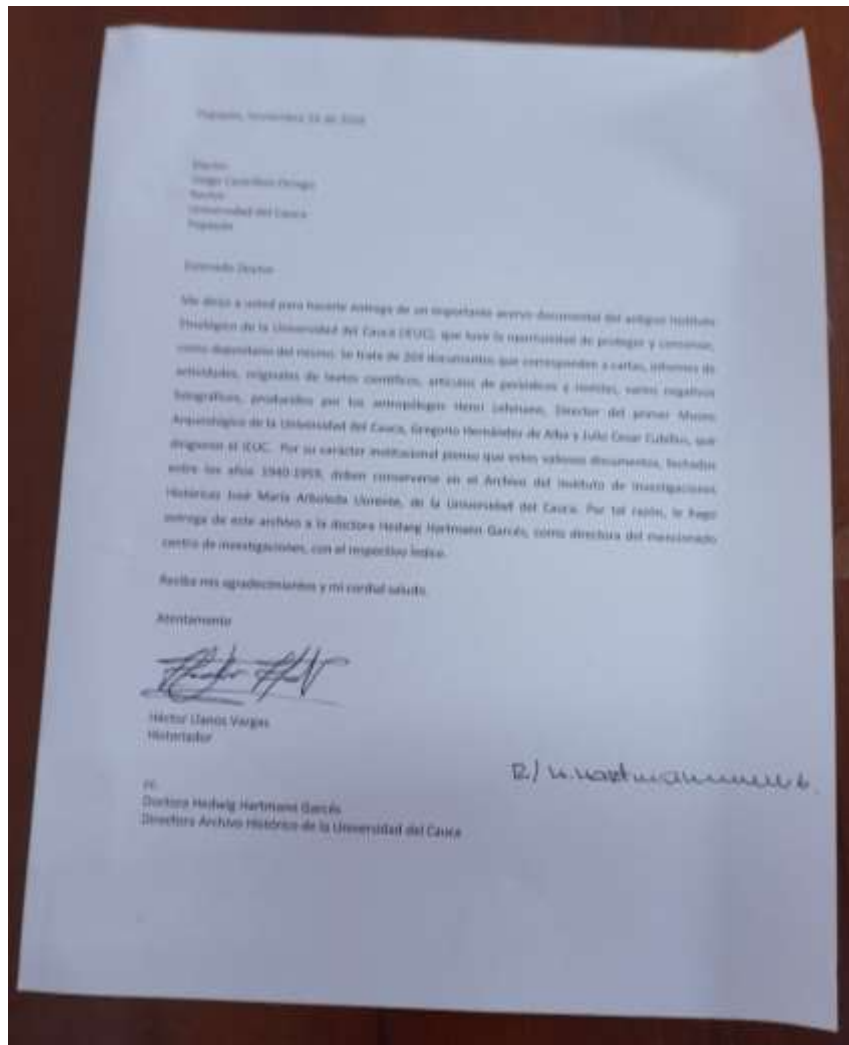
Ilustración 3. Revisión general del Archivo Muerto sobre el Instituto Etnológico del Cauca



Fotografía propia, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Dado que algunos documentos eran demasiado delicados para ser escaneados, por ser mecanografiados en papel periódico y papel mantequilla muy deteriorados, se tomaron fotografías de referencia con una cámara digital. Estas imágenes fueron utilizadas para realizar una selección posterior de documentos a digitalizar. Se realizaron pruebas de enfoque, balance de blancos y luz natural en la sala. También se capturaron detalles de negativos y anotaciones marginales que pudieran perderse en escaneo convencional.

Ilustración 4. Fotografía del oficio de entrega del Donante del Archivo, historiador Héctor Llanos Vargas



Fotografía propia, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

5.2. Fase 2. Digitalización y tratamiento de archivo

Durante el proceso de investigación se conoció sobre un “archivo muerto” relacionados al Instituto etnológico de la Universidad del Cauca, del cual Julio Cesar Cubillos fue director a mediados del siglo pasado; allí se encontraron 3 sobres con negativos y 3 cajas con fólderes correspondientes a las investigaciones arqueológicas hechas por Gregorio Hernández de Alba y Cubillos. Se realizaron al menos 10 visitas para consultar el archivo y tres sesiones presenciales en el Centro de Investigaciones José María Arboleda Llorente para digitalizar el archivo personal de J.C. Cubillos. Se localizaron cartas, negativos, informes y fichas.

5.2.1. Digitalización de fotografías y documentos

Esta fase se centró en la digitalización, procesamiento y estructuración de los materiales seleccionados durante la fase de investigación y archivo. Se elaboró una planilla de inventario, se tomaron fotografías de referencia y se identificaron documentos clave para digitalización. Este archivo fue esencial para sustentar varias de las vistas del recorrido de la interfaz. Se gestionaron los permisos correspondientes y se documentó el estado físico del material. Se dio especial prioridad a negativos, cartas manuscritas y prensa sobre el proceso de excavación del Morro de Tulcán, considerando su valor histórico, su deterioro físico y su potencial narrativo.

Ilustración 5. Estuches con negativos de Julio Cesar Cubillos



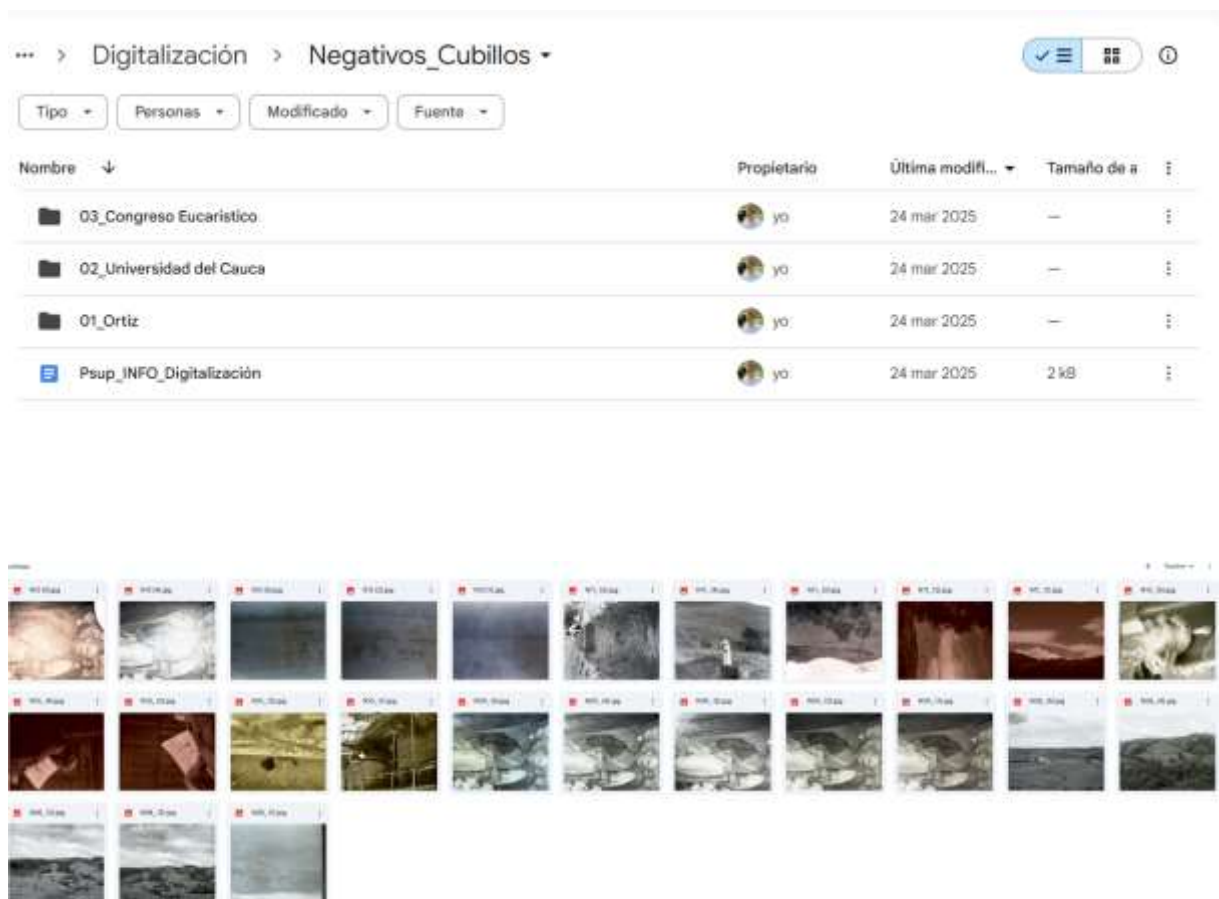
Fotografía propia, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

5.2.2. Escaneo de negativos

Para los negativos se utilizó un escáner plano de alta resolución (Epson Perfection V600) en formato TIFF a 300 dpi. Los documentos en papel fueron tratados previamente con guantes de algodón y escaneados con las mismas condiciones.

Los archivos escaneados fueron procesados en Adobe Photoshop. Se aplicaron ajustes de niveles, rotación, recorte, reducción de ruido y limpieza de fondo. Los archivos se exportaron en dos versiones: alta resolución (TIFF) y versión comprimida (JPG optimizado para web). Los documentos fueron convertidos a escala de grises o color según el original.

Ilustración 6. Capturas de pantalla de carpetas y mosaicos finales de negativos digitalizados



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

5.2.3. Vuelo de Drone y fotogrametría aérea

Esta etapa de captura aérea se planificó inicialmente como un levantamiento fotogramétrico mediante vuelos automatizados con dron DJI Mavic 2 Pro, operado por un piloto certificado (Escamérica, Popayán). La ruta fue diseñada en Google Earth Pro siguiendo una lógica helicoidal, con altitud constante y superposición fotográfica del 80%, asegurando así la cobertura del terreno con precisión topográfica. No obstante, debido a restricciones locales al uso de drones, presencia de actores armados y antecedentes de incidentes en la zona, los vuelos programados no pudieron ejecutarse de forma segura.

Ilustración 7. Zona de vuelo en Drone Deploy



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Ilustración 8. Base de la antigua estatua de Belalcázar



Ilustración 9. Revisión de la Areonave



Ilustración 10. La Policía detiene la operación



Fotografías propias, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

En respuesta a estas limitaciones, se recurrió a material audiovisual obtenido en sobrevuelos exploratorios anteriores, realizados en condiciones controladas con el mismo dron. El video fuente (MP4, 1920×1080 px, 30 fps, compresión H.264) fue evaluado como base alternativa para un proceso de videogrametría. Aunque este tipo de insumo no ofrece la calidad óptima para reconstrucción tridimensional, se desarrolló una estrategia de extracción de fotogramas que maximiza el aprovechamiento del contenido.

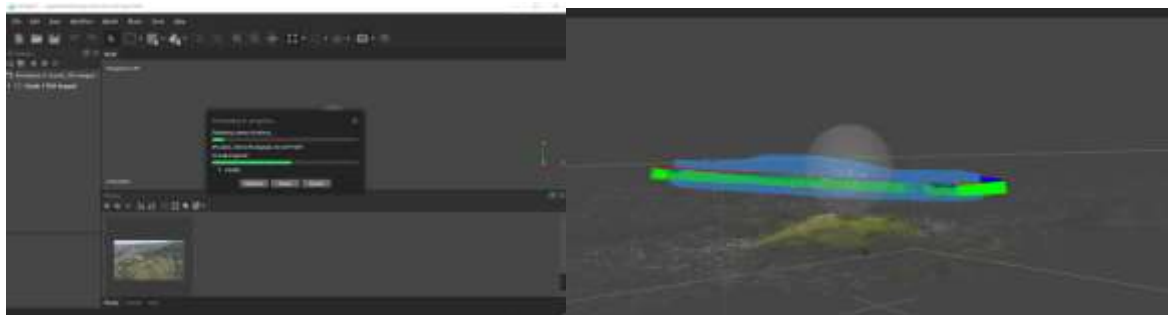
Mediante un script en Python que combina OpenCV y FFmpeg, se automatizó la captura de fotogramas estables y nítidos, excluyendo secciones borrosas o de baja variabilidad angular. Las imágenes resultantes se convirtieron a formato TIFF sin compresión, preservando así la

mayor cantidad de información visual posible. Dado que el metraje original presentaba pérdida de detalle inherente a la compresión y no alcanzaba resolución 4K, se aplicó un modelo de superresolución basado en aprendizaje profundo (Real-ESRGAN), que permitió escalar las imágenes sin introducir artefactos.

Ilustración 11. Visualización de mosaico de imágenes en MetaShape



Ilustración 12. Ilustración 13. Procesado de imágenes para fotogrametría

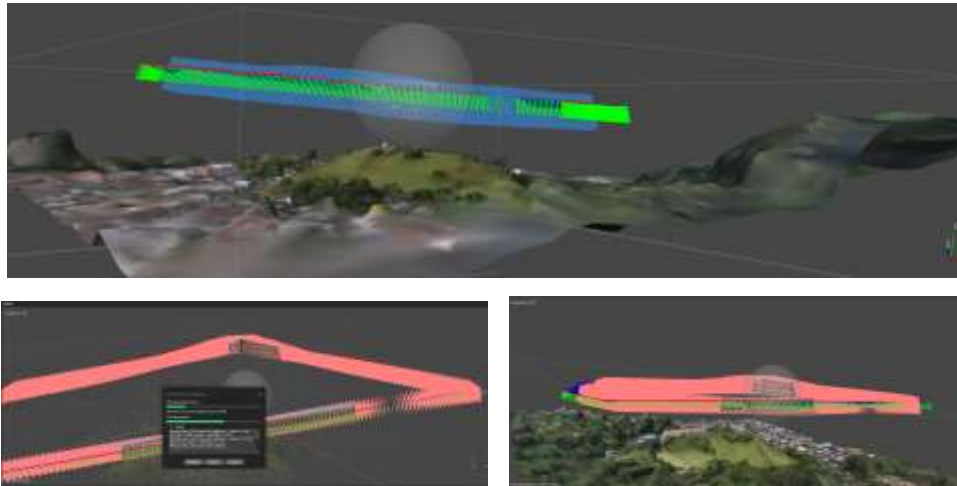


Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

La reconstrucción fotogramétrica se llevó a cabo en Agisoft Metashape (versión Standard), importando un conjunto de 40 imágenes seleccionadas por su representatividad y cobertura angular. Durante la alineación de cámaras, se usaron parámetros optimizados: calidad Media,

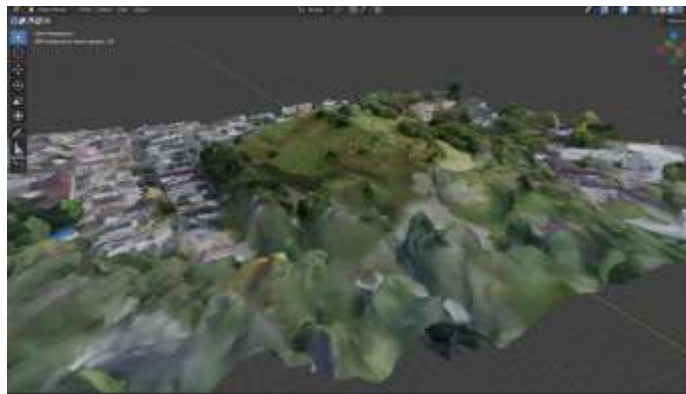
40.000 puntos clave, 4.000 puntos de coincidencia, y preselección genérica activada. El 80% de las imágenes se alinearon con éxito, generando una nube de puntos densa en calidad Alta y profundidad Mild. Algunas distorsiones menores, especialmente en zonas periféricas, se atribuyen a la escasa variación de altura entre tomas.

Ilustración 14. Ilustración 15. Ilustración 16. **Procesado de malla y polígonos del modelo.**



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Ilustración 17. **Procesado de modelo finalizado, sin limpieza de zona de interés.**

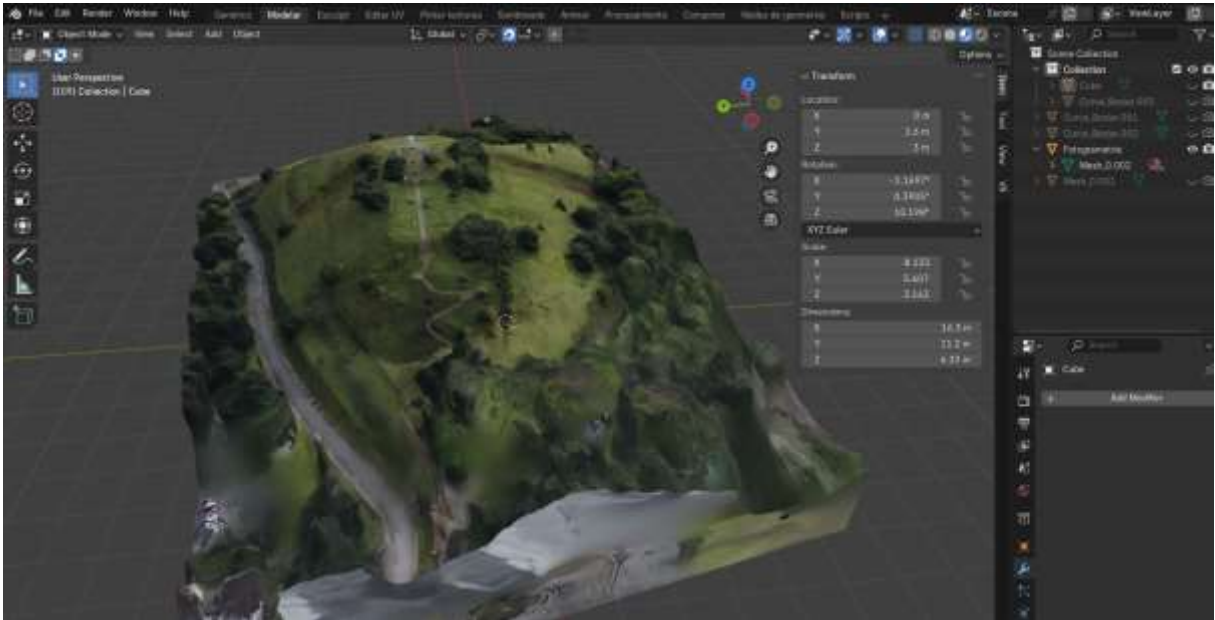


Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

En la etapa final, el modelo fue importado a Blender, donde se llevó a cabo el proceso de limpieza de geometrías erróneas, eliminación de residuos visuales en el entorno, ajuste de la escala, corrección de la orientación del eje Z, y optimización del mesh. Asimismo, se creó una

base plana neutra (ground plane) para facilitar su posterior integración en entornos virtuales interactivos, y se generaron visualizaciones para evaluar la integridad del modelo desde diferentes puntos de vista.

Ilustración 18. Modelo en blender con base



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Todo el proceso se ejecutó en un equipo con especificaciones medias: procesador Intel Core i5-10400F, 16 GB de RAM y tarjeta gráfica NVIDIA GTX 1660 SUPER. Si bien estas características fueron suficientes para desarrollar una reconstrucción funcional, se identificaron limitaciones para procesar modelos de mayor densidad o para tareas de renderizado avanzado.

5.2.4. Jornadas de fotogrametría de corta distancia

Se realizaron tres jornadas de trabajo en el área de excavaciones arqueológicas del Morro de Tulcán, con el objetivo de generar modelos tridimensionales detallados mediante fotogrametría de corta distancia. La primera visita tuvo carácter exploratorio y permitió reconocer el terreno, identificar restricciones técnicas y evaluar condiciones lumínicas, de acceso y de disposición del lugar. Para esta primera jornada se utilizó un teléfono móvil con

cámara de alta resolución, realizando capturas manuales a modo de prueba. Las imágenes fueron procesadas con la aplicación móvil Kimi App, lo que permitió generar un primer modelo preliminar. Sin embargo, este presentaba deficiencias notorias de resolución y superposición, con menos del 50 % de traslape entre imágenes. Esto generó áreas borrosas, zonas oscuras y una inclinación limitada en el punto de vista, lo que afectó la calidad del modelo.

Ilustración 19. **Semillero de antropología en excavaciones recientes en el Morro de Tulcán**



Fotografía propia, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

El espacio de excavación se encontraba parcialmente cubierto con malla sombra y plásticos protectores debido a la exposición solar y al riesgo de lluvias. Además, la inclinación del terreno oscilaba entre los 30 y 50 grados, lo que dificultaba el posicionamiento estable de los equipos y obligaba a realizar las capturas desde ángulos bajos. Las imágenes fueron tomadas a una altura promedio de dos metros, correspondiente a la altura de los brazos extendidos, con un ángulo de inclinación aproximado de 45°. El área documentada, de aproximadamente 1 x 4 metros, fue dividida en dos cuadrantes longitudinales. Se realizaron cuatro fotografías por metro cuadrado: dos correspondientes al cuadrante superior y dos al inferior, buscando una cobertura adecuada para el procesamiento posterior.

En la segunda jornada, se incorporaron mejoras técnicas. Se utilizó una cámara Sony ZV-E10 II con resolución 4K y formato RAW, montada sobre un monopié con control remoto. Se contó con la participación de dos asistentes, estudiantes de la Universidad del Cauca pertenecientes al semillero Memorias e Historiografías. Se empleó una tablet como monitor externo y dispositivo de control de captura. El protocolo de registro fue el mismo: cuatro imágenes por metro cuadrado con inclinación de 45°, sumadas a un respaldo de tomas cenitales complementarias. Este conjunto de datos permitió mejorar significativamente la definición del modelo y su continuidad espacial. Las imágenes se procesaron nuevamente con Kimi App, generando un nuevo modelo tridimensional preliminar que, aunque aún en proceso de edición y corrección cromática, está disponible para ajustes finales cuando el equipo arqueológico lo solicite.

Ilustración 20. Equipo de arqueología haciendo limpieza del espacio para fotogrametría



Fotografías propias, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Ilustración 21. **Mosaico de fotografías de excavaciones**



Fotografías propias, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

La tercera jornada permitió optimizar condiciones ambientales gracias al montaje de un plástico de mayor tamaño que mitigó la incidencia solar directa, dado que la única franja horaria disponible para realizar las tomas era al mediodía. En esta ocasión participaron tres asistentes y se repitió el protocolo de captura, ajustando el posicionamiento del plástico para asegurar la iluminación difusa. Se priorizó la aproximación en los ángulos, la distancia y la cobertura para lograr un conjunto fotográfico lo más homogéneo posible, con vistas tanto inclinadas como cenitales, útiles para completar un modelo 3D de alta calidad.

Ilustración 22. **Equipo de colaboradores llegando al sitio arqueológico**



Fotografías propias, Javier Giraldo, 2025.

Ilustración 23. Vista previa de fotogrametría con aplicación Kiri

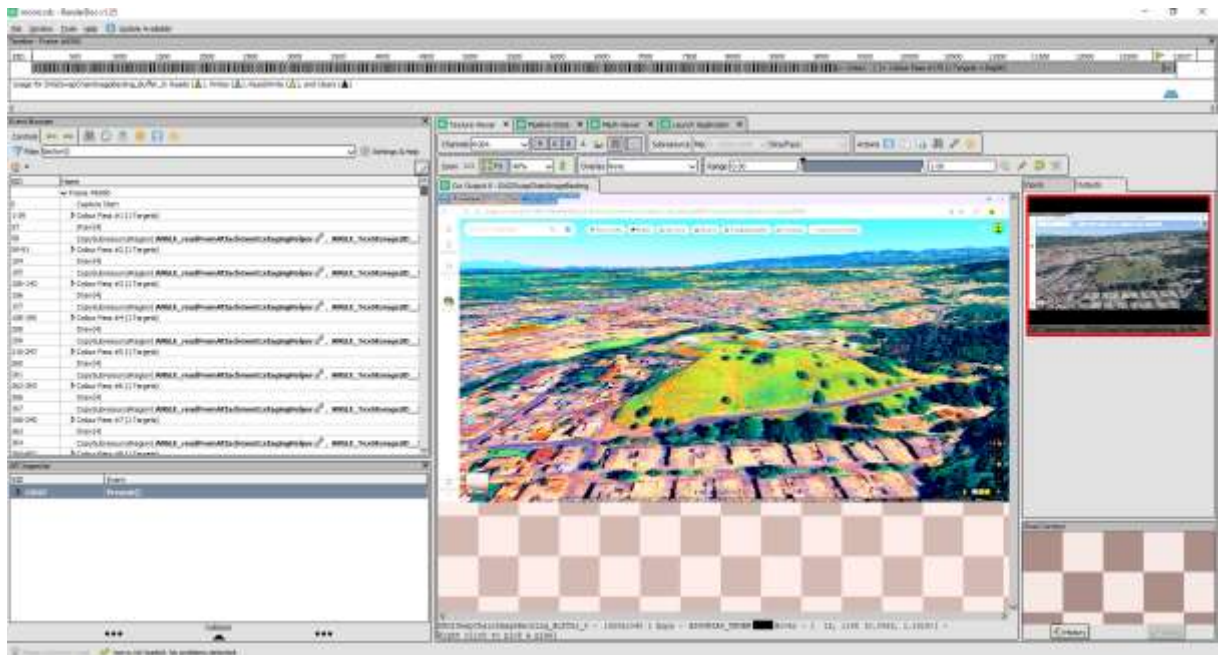


Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

5.3. Fase 3. Modelado y construcción de entorno visual

Esta fase se enfocó en la creación del modelo tridimensional del Morro y su adecuación para ser visualizado e interactuado mediante tecnologías web. Dado que no fue posible realizar un escaneo del terreno por dron en la primera etapa, por problemas de orden público (atentados con drones que previnieron a las autoridades) cerca del lugar de investigación, se recurrió a una solución técnica alternativa usando la herramienta RenderDoc sobre Google Earth. El modelo fue luego procesado y optimizado para su integración en la plataforma digital.

Ilustración 24. Grabación de modelo en Render Doc con imágenes de satélite de google

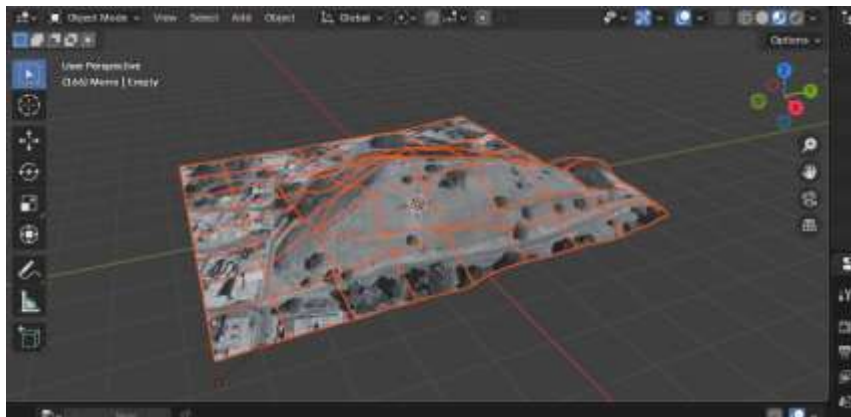


Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

5.3.1. Generación de la escena base mediante RenderDoc

Se utilizó RenderDoc para interceptar la visualización 3D de Google Earth, centrando la vista en el perímetro del Morro. La herramienta permitió capturar mallas geométricas y texturas del terreno visibles en pantalla. El resultado fue exportado en un archivo .glb que conservó las proporciones y la escala topográfica general del sitio. Este archivo fue la base del modelo usado en la web.

Ilustración 25. Limpieza de modelo en Blender



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

El archivo generado fue abierto en Blender, donde se realizaron las primeras correcciones: limpieza de geometría redundante, centrado del objeto en el eje, ajuste de escala y orientación, e iluminación básica para pruebas visuales. También se aplicó una reducción de polígonos para optimizar el peso del archivo final. Se realizaron exportaciones en diferentes formatos para prueba de compatibilidad: .obj, .fbx y .glb. Se seleccionó finalmente .glb por su ligereza y compatibilidad directa con Three.js, tecnología empleada en la interfaz web.

Ilustración 26. Visualización previa del modelo con imágenes de satélite



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

5.3.2. Visualización en entorno de prueba local

El modelo fue incorporado en una escena básica de Three.js cargada desde Visual Studio Code con Live Server. Se probó el comportamiento del archivo, tiempos de carga, visibilidad de texturas y fluidez de movimiento. Esta validación confirmó que el modelo podía integrarse como base para el visor principal.

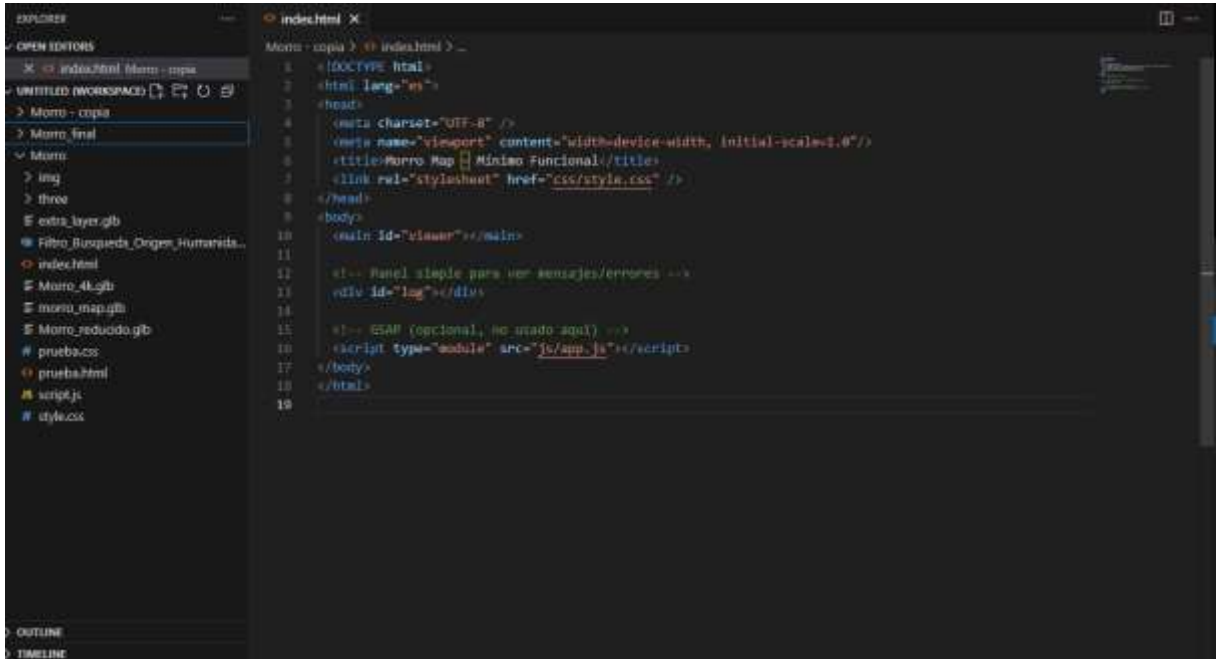
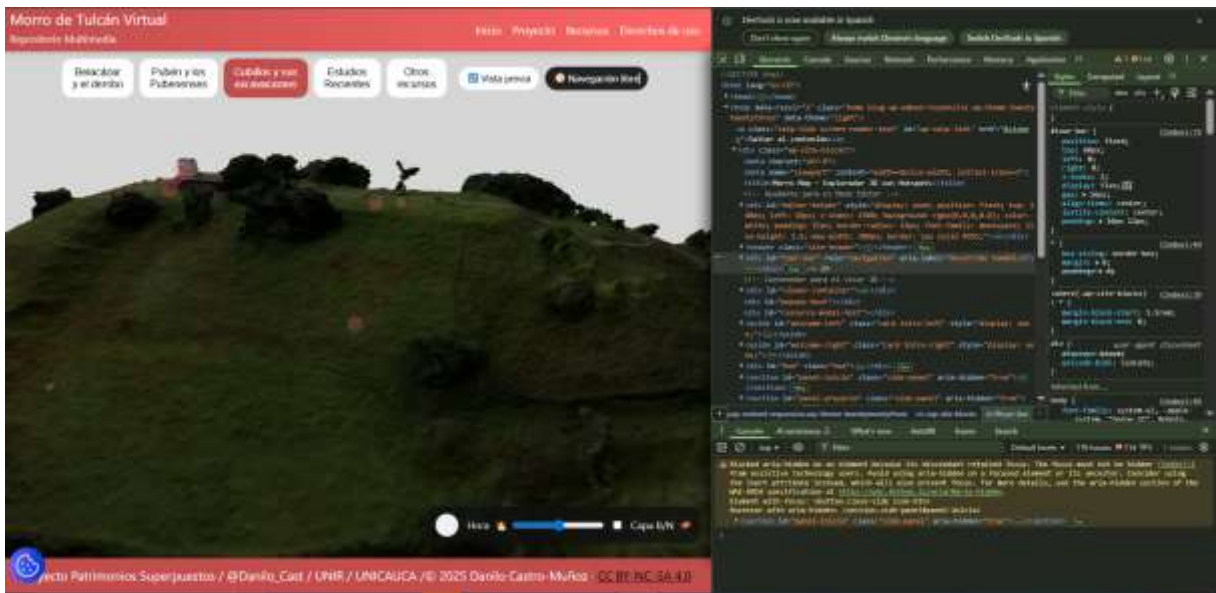


Ilustración 27. Visualización de prueba de modelo en entorno web



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Ilustración 28. Integración de la Fotogrametría de realización propia en la interfaz Web del Morro de Tulcán



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

5.4. Fase 4. Estructura del entorno de desarrollo

5.4.1. Estructura y nomenclatura del proyecto TFM

El proyecto se estructura en una carpeta principal que reúne la totalidad de los recursos, documentos, códigos y productos desarrollados durante las distintas fases del Trabajo Fin de Máster. Este esquema ha sido diseñado para asegurar la trazabilidad, el acceso ordenado y la reutilización futura de los materiales producidos.

Ilustración 29. Maqueta de entorno web inicial



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

La primera fase del proyecto se encuentra organizada en subcarpetas que contienen las fuentes bibliográficas, la matriz analítica de fichas clasificadas por ejes (temático, técnico, metodológico, tecnológico y narrativo), así como los criterios de selección aplicados. También incluye artículos descargados, libros digitales, cadenas de búsqueda aplicadas y resultados obtenidos de bases como Scopus, Google Scholar y Dialnet. Esta fase fundamenta teóricamente el proyecto.

En la segunda fase se consolida la documentación recogida del archivo físico del Instituto Etnológico. La carpeta correspondiente agrupa las imágenes escaneadas, los documentos procesados con OCR y los textos estructurados bajo el estándar TEI. Se incluyen versiones

preliminares, revisadas y listas para su análisis y visualización digital. Este bloque constituye el corpus textual sobre el cual se realiza el tratamiento digital patrimonial.

La tercera fase agrupa los materiales de captura fotográfica con dron, el modelo tridimensional del cerro procesado en Blender, los fotogramas extraídos en formato TIFF y la documentación técnica del modelado. Además, se encuentran los scripts de mejora visual generados con Real-ESRGAN, incluyendo entornos virtuales de trabajo (Python, venv, weights). Esta estructura sirve de base para el desarrollo de la interfaz web interactiva, cuyo código fuente (HTML, CSS, JS) está alojado en subcarpetas específicas que contienen también los recursos gráficos, descripciones emergentes y funciones de navegación y control horario.

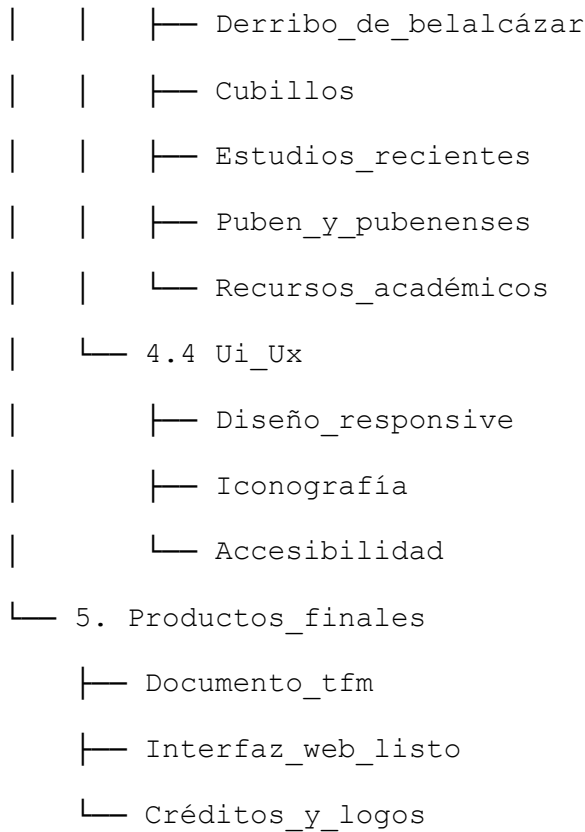
La cuarta fase organiza los contenidos narrativos y visuales del recorrido virtual. Cada paso o unidad temática (Derribo de Belalcázar, Estudios recientes, Excavaciones de Cubillos, Puben y los pubenenses) tiene su propia carpeta con imágenes, textos y materiales multimedia. Estas se integran al visor web como nodos de información estructurada, coincidiendo con la interfaz desarrollada. Esta etapa consolidó el visor como un repositorio multimedia navegable, orientado a la memoria colectiva, la educación y la divulgación del patrimonio arqueológico del Morro de Tulcán.

Finalmente, la estructura incluye una carpeta destinada a las acciones de divulgación del proyecto, que contiene presentaciones académicas, diseños de QR, recursos para comunidades educativas y actores culturales, así como formularios para colaboración ciudadana. Además, se agrupan los productos finales entregables: el documento definitivo del TFM, la interfaz web funcional.

5.4.2. Estructura de Carpetas del proyecto

```
TFM_morro_tulcan|
├── 1. Investigación_preliminar
│   ├── 1.1 Fuentes_bibliográficas
│   │   ├── Pdfs
│   │   ├── Artículos_descargados
│   │   └── Libros_digitales
```

- | └─ 1.2 Matriz_de_fichas
 - | | └─ Fichas_completas
 - | | └─ Clasificadas_por_eje
 - | | └─ Selección_final_15
 - | └─ 1.3 Búsqueda_cadenas
- └─ 2. Digitalización_archivo
 - | └─ 2.1 Corpus_archivo_pubenenses
 - | | └─ Imágenes_escaneadas
 - | | └─ Fotografías_documentos
 - | | └─ Documentos_pdf_completo
 - | └─ 2.2 Ocr_procesamiento
 - | | └─ Ocr_planeado
 - | | └─ Ocr_revisado
 - | | └─ Texto_tei
 - | └─ 2.3 Matrices_corpus
 - | | └─ Archivos_xls
 - | | └─ Inventario_final
- └─ 3. Modelado_y_entorno_3d
 - | └─ 3.1 Captura_y_fotogrametría
 - | | └─ Fotografías_mavic
 - | | └─ Tiff_seleccionados
 - | | └─ Modelo_inicial_blender
 - | └─ 3.2 Procesamiento_escalado_Frames
 - | └─ 3.3 Modelos_3d_finales
- └─ 4. Visor_web_interactivo
 - | └─ 4.1 Código_morro
 - | └─ 4.2 Recursos
 - | └─ 4.3 Temas_o_pasos



5.4.3. Arquitectura general y organización de archivos

La estructura de trabajo se diseñó bajo un esquema modular en **Visual Studio Code**, lo que facilita la escalabilidad y el mantenimiento. Se establecieron directorios específicos para cada tipo de recurso:



Este modelo de organización se inspira en buenas prácticas descritas en proyectos de interfaces adaptativas basadas en WebGL y Three.js (Araujo Tabares n.d., 20–25; Badia Valdés 2021, 156–160).

El visor se consolidó como una aplicación de página única (SPA), donde el archivo **index.html** concentra la estructura base e integra tanto estilos como scripts mediante etiquetas `<style>` y `<script type="module">`. La dependencia de librerías externas se limita a importaciones por CDN, principalmente **Three.js** como motor gráfico para renderizado WebGL y **GSAP** para animaciones fluidas.

5.4.4. Configuración inicial, carga del modelo y puntos temáticos

El modelo tridimensional fue preparado en formato GLB, que encapsula geometrías, texturas y materiales en un solo archivo, optimizando tiempos de carga y reduciendo dependencias externas. Una vez cargado mediante la clase GLTFLoader, el modelo fue centrado en el origen de coordenadas (0,0,0) para rotaciones y movimientos de cámara estables (Spence Morrow y Wernke 2024).

Ilustración 30. Boceto esquemático de ubicación de puntos en la interfaz



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Sobre esta base, se definieron cinco puntos narrativos o hotspots, organizados en un array JavaScript denominado STEPS. Cada objeto dentro del array incluye: a) un identificador único, b) coordenadas 3D del marcador, c) posición de cámara predeterminada y d) recursos multimedia asociados (texto, imágenes, videos o enlaces).

Cada punto fue ubicado en una posición específica dentro del modelo GLB, y se le asignó un botón de navegación con su respectivo título. Para reforzar la relación espacial, se implementó una línea punteada tipo SVG que conecta el marcador con el área del modelo a la que hace referencia, facilitando la orientación visual del usuario.

Ilustración 31. Boceto esquemático de la visualización general de la interfaz



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Este enfoque *data-driven* permite modificar o ampliar contenidos sin necesidad de alterar la lógica central del código, siguiendo metodologías de estructuración narrativa digital (Amado Garzón y Barrera Martínez 2020). Los cinco apartados iniciales fueron concebidos como un piloto funcional:

1. **Belalcázar y el derribo:** imágenes históricas y textos críticos sobre Sebastián de Belalcázar y el derribo del monumento en 2020.

2. **Pubén y los Pubenences:** relatos sobre la memoria ancestral y el significado del sitio.
3. **Cubillos y sus excavaciones:** documentación de las primeras campañas arqueológicas de mediados del siglo XX.
4. **Estudios recientes:** resultados de investigaciones contemporáneas y digitalizaciones asociadas.
5. **Otros recursos:** materiales complementarios para divulgación y consulta.

La interacción con estos puntos se gestiona desde la función gotoStep, que activa transiciones de cámara animadas y despliega popups dinámicos con los recursos asociados. La disposición narrativa toma como referencia proyectos de catálogos digitales como Paleocatálogo 3D, donde la estructuración clara de colecciones garantiza accesibilidad y comprensión (Maqueda y Luque 2015).

5.4.5. Recursos multimedia del piloto de interfaz

La propuesta de interfaz multimedia desarrollada como piloto para el proyecto incorpora un conjunto diverso de recursos visuales y sonoros distribuidos a lo largo de cinco momentos narrativos: el derribo de la estatua de Belalcázar, la historia de los pubenenses, las excavaciones de Cubillos, los estudios recientes del sitio y los recursos académicos y audiovisuales asociados al Morro de Tulcán.

Cada uno de estos bloques temáticos está compuesto por recursos originales —producidos en el marco del proyecto— y recursos de terceros —citados con fines de referencia o archivo—. En total, se catalogaron 45 recursos multimedia, organizados en cuatro categorías: Imágenes (23), videos (11) y otros formatos complementarios (10), como documentos PDF, visualizaciones 3D o capturas de mapas.

La elección y diseño de estos recursos responde tanto a criterios patrimoniales como a objetivos de mediación digital. Por ejemplo, en el bloque dedicado a los pubenenses, se integran fotografías ilustrativas del patrimonio indígena local y grabaciones testimoniales que fortalecen la dimensión comunitaria del proyecto. En el caso de las excavaciones de Cubillos, se recurrió a material de archivo que permite visualizar los hallazgos arqueológicos registrados en la década de 1950. Mientras tanto, el apartado de recursos académicos se enfoca en

enlaces y documentos que contextualizan el lugar desde una mirada investigativa contemporánea.

Tabla 4. Plantilla de matriz de recursos multimedia para piloto de interfaz

Nombre y autor de recurso	Tipo	Adjunto
Recurso 1	Imagen	www.abcd.com
Recurso 2	Video	www.abcd.com
Recurso 1	Texto	www.abcd.com

Elaboración propia, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

En el Anexo 2 (*Matriz de recursos multimedia para interfaz*) se encuentran las tablas completas de cada bloque narrativo, con detalles sobre tipo de recurso, formato, autoría, fuente, uso previsto, derechos y relación directa con el contenido de la interfaz.

5.4.6. Descripción de la interfaz web

La interfaz Morro de Tulcán Virtual se concibió como un espacio de exploración. Desde el comienzo se tuvo claro que lo importante era mostrar un modelo 3D del Morro, en el cual distintas memorias pudieran dialogar entre sí, a través de los recursos que se integrasen.

Ilustración 32. Modo navegación libre de la interfaz web



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Al ingresar, lo primero que aparece es un encabezado en tonos rojos que enmarca el nombre de la propuesta: Morro de Tulcán Virtual, Repositorio Multimedia. Ese umbral conduce al visitante hacia un menú superior que organiza la navegación en secciones como Inicio, Proyecto, Recursos y Derechos de uso.

Más abajo, un conjunto de botones blancos organiza el recorrido en torno a cinco momentos: Belalcázar y el derribo, Pubén y los Pubenenses, Cubillos y sus excavaciones, Estudios recientes y Otros recursos. Cada uno abre una ventana hacia historias diferentes, a veces complementarias, a veces en tensión. Al pulsar sobre ellos, aparecen imágenes, documentos, videos o textos que ubican al visitante frente a las múltiples capas del Morro.

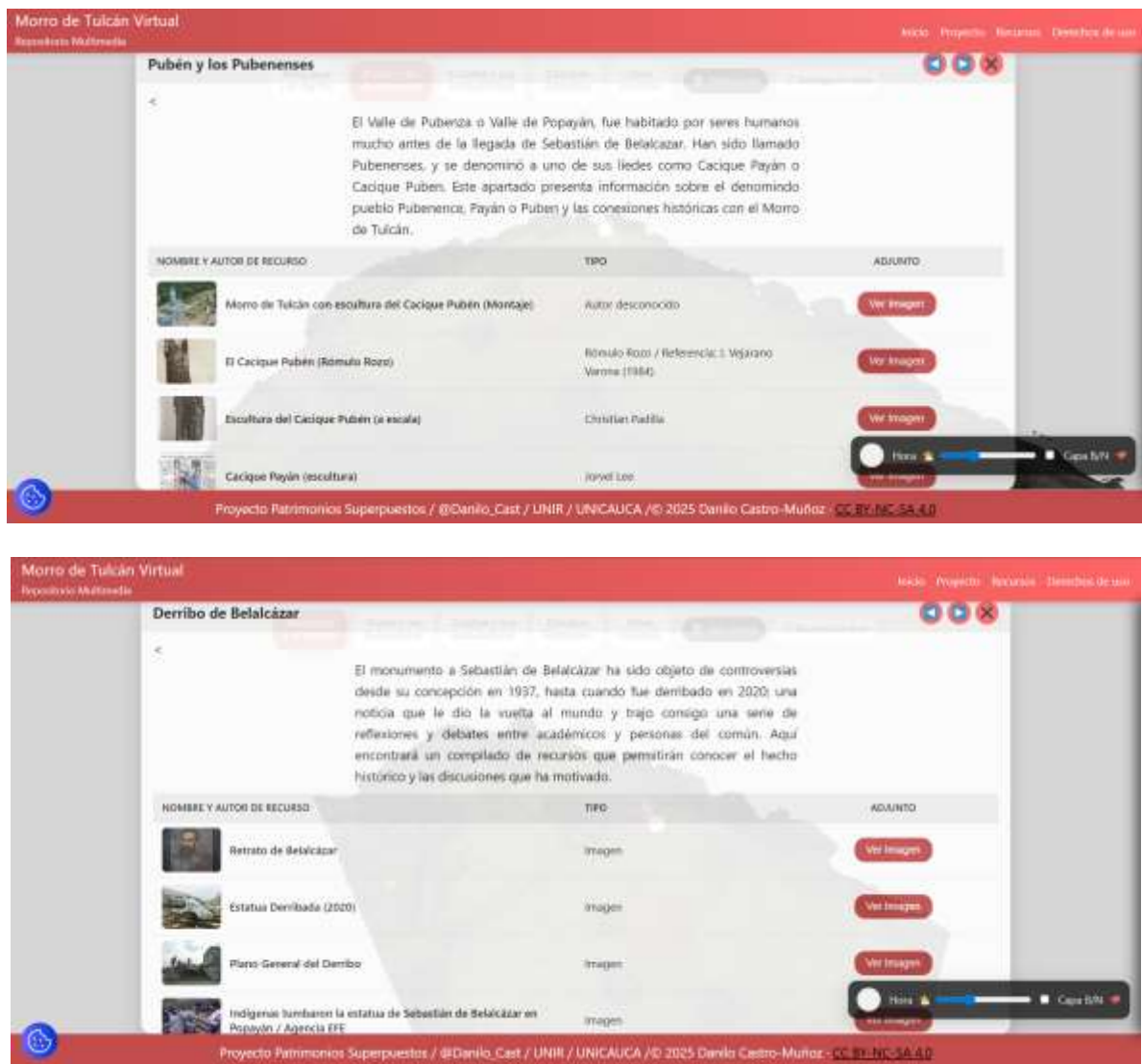
Ilustración 33. Pantalla de bienvenida con items de información



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

El centro de la experiencia está en el visor tridimensional, levantado con técnicas de fotogrametría. Ver el cerro en la pantalla, girarlo y recorrerlo desde diferentes ángulos, fue un ejercicio revelador: el modelo se convierte en escenario, pero también en archivo, porque sobre él se colocan los puntos rojos que actúan como marcadores interactivos. Cada uno está asociado a un episodio o tema, y al seleccionarlo se abre un panel que despliega recursos: fotografías, recortes de prensa, esculturas, audiovisuales. Lo que parecía una superficie estática se transforma entonces en un entramado de memorias superpuestas.

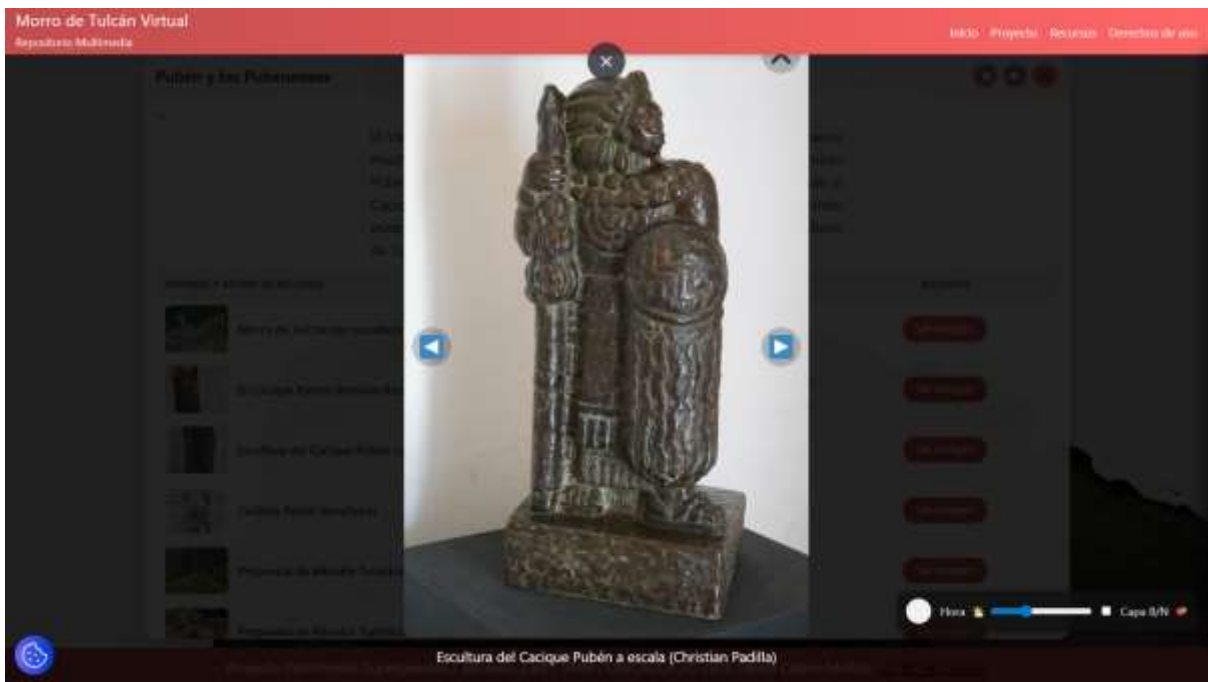
Ilustración 34. Pantallas de hostspots o botones de recorrido



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

En la esquina inferior derecha aparece un control que permite modificar la iluminación de la escena, como si el usuario pudiera elegir la hora del día. También es posible activar un modo monocromático que, al despojar al cerro de su color, resalta el relieve y facilita otra manera de leerlo. Estas herramientas, se convirtieron en formas de interpretación: modos distintos de acercarse al mismo lugar.

Ilustración 35. Visualización de imágenes en interfaz web



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Ilustración 36. Visualización de videos en interfaz web



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Los materiales asociados no se muestran de manera fría ni distante. Surgen en ventanas emergentes sobrias y legibles, que permiten ampliar fotografías, recorrer galerías, reproducir videos o leer textos. Cada recurso se acompaña de datos de autoría o procedencia, una

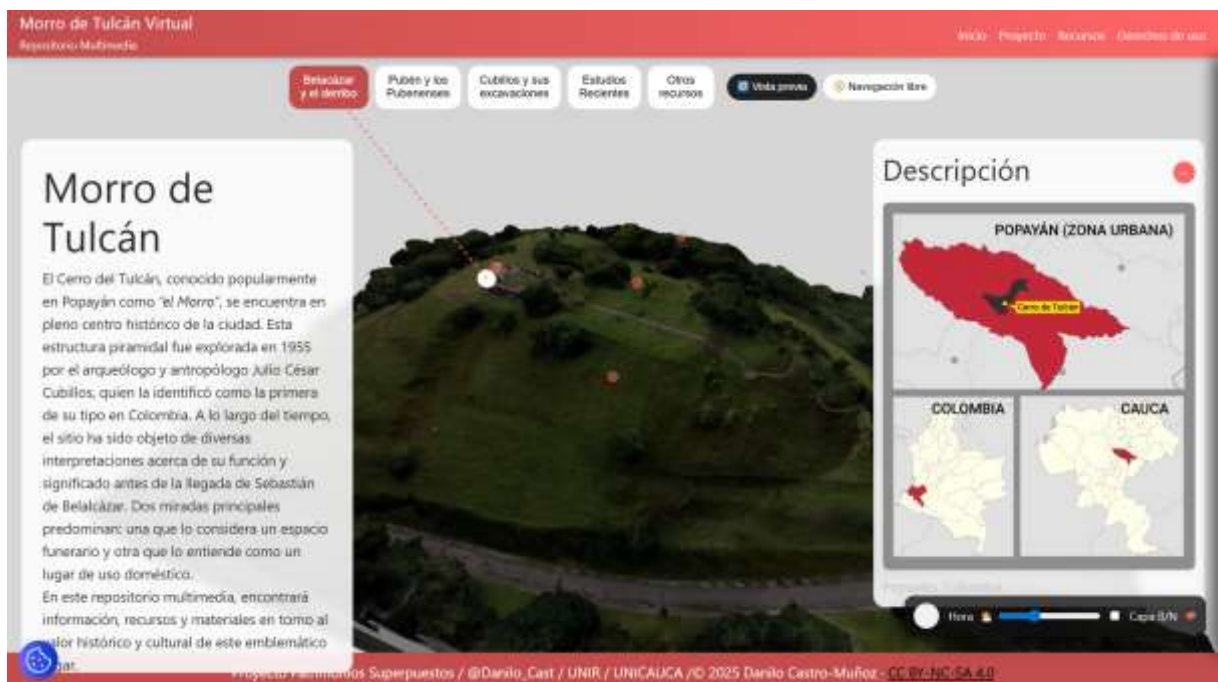
manera de recordar que detrás de cada archivo hay también historias de investigación, cuidado y curaduría.

Ilustración 37. Mapa de ubicación del sitio arqueológico



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Ilustración 38. Integración web del mapa con los otros ítems de información



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Además del modelo, los paneles laterales ofrecen explicaciones y mapas que ubican al Morro en Popayán, en el Cauca y en el contexto colombiano. Esta dimensión cartográfica no solo sitúa, también recuerda que el patrimonio es siempre local y global al mismo tiempo.

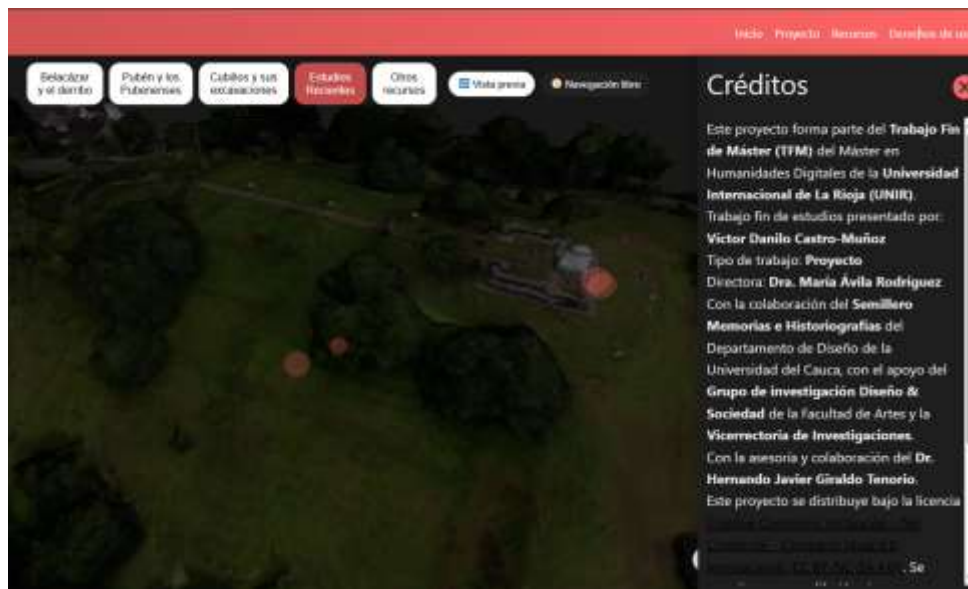
Ilustración 39. Visualización de interfaz en versión para móviles



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

La interfaz fue pensada también para pantallas pequeñas. En la versión móvil, los menús se reorganizan en un formato vertical sencillo, y los puntos temáticos se mantienen accesibles como botones claros. Los recursos —imágenes, videos o mapas— ocupan toda la pantalla, invitando a una lectura más pausada e inmersiva. Los controles de luz y capa en blanco y negro permanecen disponibles, asegurando que la exploración del Morro conserve sus posibilidades de análisis. Esta adaptación no es solo técnica: permite que la memoria digital circule en el espacio cotidiano de los teléfonos, acercando el sitio a quienes lo consultan desde cualquier lugar. Fortaleciendo la accesibilidad, interoperabilidad y la sostenibilidad; conceptos de vital importancia en proyectos digitales de esta naturaleza (Torreño Piñero 2022).

Ilustración 40. Visualización de menú principal



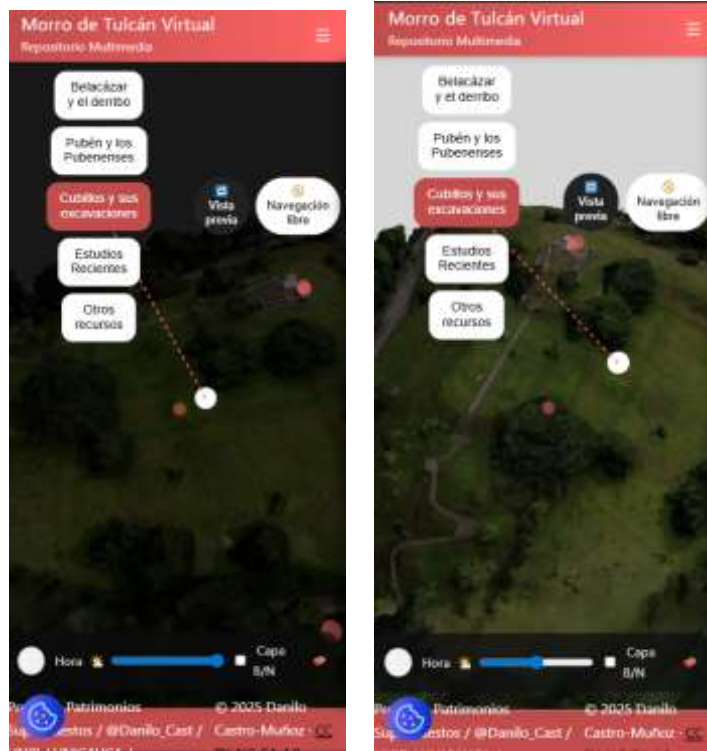
Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Finalmente, en el banner lateral se reúnen los créditos: se reconoce la participación de quienes hicieron posible esta propuesta, así como las instituciones involucradas en su desarrollo. También se especifica la licencia de uso bajo la cual se publica el material (CC BY-NC-SA 4.0), en concordancia con los principios de acceso abierto y circulación del conocimiento..

5.4.7. Interactividad avanzada y diseño de experiencia

Con el fin de enriquecer la experiencia del usuario, la interfaz integró un conjunto de funcionalidades que trascienden la simple visualización del modelo. Se incorporó un control deslizante que simula la hora del día y permite modificar la intensidad y el color de las luces de la escena para simular el ciclo diurno y nocturno, ofreciendo distintas perspectivas visuales del Morro de Tulcán según la iluminación. A esto se añadió un modo monocromático, pensado como una herramienta de análisis que facilita la lectura de la topografía y de las formas sin la distracción que supone el color.

Ilustración 41. Visualización de control de claro y oscuro



Capturas de pantalla, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Por último, la experiencia se complementa con un HUD flotante que concentra herramientas adicionales, entre ellas la activación de la navegación libre mediante OrbitControls, gracias a la cual los usuarios pueden explorar el modelo fotogramétrico de manera autónoma, alejándose de la secuencia narrativa predefinida (Richards-Rissetto y von Schwerin 2017). Asimismo, las transiciones entre los puntos temáticos se optimizaron con animaciones de cámara fluidas implementadas mediante GSAP, que posibilita continuidad narrativa y, al mismo tiempo, ayudan a mantener la orientación espacial dentro del entorno virtual.

5.4.8. Metodología *work in progress* y naturaleza de la interfaz

Desde su concepción, el visor fue planteado bajo una metodología *work in progress*, es decir, como un proceso iterativo y escalable. La versión actual constituye un piloto funcional que valida la viabilidad técnica y narrativa del proyecto, pero se proyecta como una plataforma abierta para futuras ampliaciones y mejoras.

Durante la fase de investigación y creación se determinó que la naturaleza de la interfaz debía configurarse como un repositorio multimedia, en el que confluyeran los recursos recopilados

—modelos, fotografías, textos, videos y archivos de archivo histórico— en un mismo espacio digital. Esto busca convertir al Morro de Tulcán Virtual en una plataforma viva, capaz de articular la memoria arqueológica con la narrativa contemporánea.

Este carácter evolutivo lo vincula con propuestas recientes de plataformas patrimoniales que trabajan sobre prototipos escalables y accesibles, cercanos al concepto de digital twin (Anghelută, Popovici y Ratoi 2023). Asimismo, experiencias latinoamericanas como el modelado digital de cerámicas prehispánicas (Vásquez 2025) refuerzan la idea de que la digitalización es una herramienta narrativa y cultural crucial al servicio de preservación del patrimonio y la memoria colectiva.

5.5. FASE 5. PROYECCIÓN DE ESTRATEGIA DE DIFUSIÓN

Esta fase busca establecer vínculos con comunidades locales, instituciones educativas, entidades culturales y actores sociales interesados en el Morro de Tulcán como lugar de patrimonio cultural. Aunque su implementación total está prevista para el primer semestre de 2026, ya se han dado pasos significativos hacia la socialización del proyecto y el diseño de estrategias para su validación cultural y su apropiación pública.

5.5.1. Socialización preliminar del visor y expectativa de validación

Durante el desarrollo del proyecto, el prototipo de visor ha sido compartido de manera informal con docentes, estudiantes y gestores culturales de la Universidad del Cauca, así como con personas interesadas en el patrimonio arqueológico de la ciudad. Estos acercamientos, aunque no estructurados, han permitido sondear la recepción general del proyecto, obteniendo respuestas favorables que valoran su potencial como herramienta educativa y de divulgación.

En consecuencia, se proyecta una prueba piloto de uso del visor en el mes de junio de 2025, en la que participarán invitados de diversos sectores: estudiantes universitarios, profesores, habitantes del barrio El Planchón, y personal de instituciones culturales. El objetivo será recoger observaciones cualitativas sobre aspectos como la navegación, la comprensión del contenido, la percepción estética del modelo y la pertinencia de la representación cultural del Morro.

5.5.2. Articulación con actores clave

La socialización futura se diseñará en diálogo con actores relevantes para la sostenibilidad y legitimidad del proyecto. Entre ellos se identifican:

- Instituciones universitarias: Universidad del Cauca (a través de la Vicerrectoría de Cultura y Bienestar, el Centro de Investigaciones José María Arboleda Llorente y la Facultad de Artes), instituciones privadas de educación superior.
- Colegios y comunidades educativas: potenciales aliados para pruebas de uso escolar y talleres pedagógicos.

- Gestores y mediadores culturales: agentes que pueden amplificar el alcance del visor en actividades públicas.
- Habitantes del sector del Morro de Tulcán: población clave para legitimar la representación simbólica del espacio.
- Organismos municipales o regionales de cultura y patrimonio: como el Instituto Departamental de Cultura y Turismo, Secretaría de Cultura Municipal, entre otros.

El enfoque busca una apropiación genuina que reconozca la dimensión local del patrimonio, al tiempo que se construyen puentes con instituciones culturales para su eventual visibilización.

5.5.3. Estrategias de participación y medios de difusión

Se plantea un conjunto de acciones y herramientas orientadas a promover la participación ciudadana y la circulación del visor 3D:

- Sitio web como canal bidireccional: servirá como plataforma de visualización del modelo y como espacio de recolección de observaciones, comentarios, anécdotas y memorias asociadas al Morro.
- Redes sociales: se podrán utilizar perfiles institucionales o de los semilleros para compartir avances, convocar a pruebas y difundir el proyecto en formatos accesibles.
- Código QR en puntos estratégicos: se propone identificar al menos tres miradores o lugares visibles del Morro para instalar señalética con códigos QR que enlacen al visor y brinden información educativa.
- Activación en museos y eventos: se contempla instalar una estación de visualización en el Museo de Historia Natural o en la Universidad del Cauca durante jornadas académicas o exposiciones temporales.
- Recopilación de experiencias y relatos: a través del sitio web y entrevistas cortas se podrán recoger memorias sobre el Morro como parte de la vida cotidiana, afectiva o política de Popayán.

5.5.4. Conexiones entre espacio físico y entorno digital

La experiencia virtual desarrollada busca enriquecer la vivencia del sitio real, para locales y visitantes. En este sentido, se proyecta la implementación de una ruta híbrida de interpretación, en la que los puntos de observación física se articulen con el visor digital. Esta conexión permitirá que, durante el recorrido por el Morro de Tulcán o sus alrededores, se activen recursos interactivos como audios, imágenes históricas o textos breves, brindando capas adicionales de información que amplifican la comprensión del lugar. Así, el visor funciona como un repositorio de contenidos y como una guía dinámica para las visitas presenciales. Esta estrategia busca propiciar una experiencia de lectura patrimonial más multisensorial y situada, que vincule lo arqueológico con lo urbano, y lo simbólico con lo cotidiano.

6. CONCLUSIONES

El desarrollo de la interfaz no se limitó a la adquisición de técnicas de diseño, programación o fotogrametría. Fue, sobre todo, un ejercicio de reflexión sobre el sentido de cada decisión, sobre el valor de los materiales disponibles y sobre las implicaciones de incluirlos o descartarlos. En esa tensión entre lo técnico y lo humanístico se movió constantemente la investigación, marcando cada fase del proceso.

En un inicio, la expectativa se dirigía hacia la posibilidad de integrar réplicas digitales de los hallazgos arqueológicos asociados al Morro, mencionados en registros del Museo de Historia Natural. Sin embargo, tras dialogar con el arqueólogo Hernando Giraldo Tenorio, se comprendió que aquellos objetos ya no estaban disponibles ni conservados. Ese hallazgo alteró el rumbo: en lugar de centrar la mirada en piezas ausentes, la atención se desplazó hacia el propio cerro, entendido como lugar cargado de memorias, tensiones y disputas simbólicas. Este giro metodológico y conceptual orientó la creación de un repositorio multimedia que articuló perspectivas arqueológicas, documentales, políticas y comunitarias.

La decisión de nombrar el sitio como “Morro de Tulcán”, y no “Cerro”, fue otro gesto significativo. El uso cotidiano de la comunidad recordó que el patrimonio vive en categorías académicas o institucionales, y también en la lengua, en los gestos y en las formas de habitar un territorio. Del mismo modo, la práctica de la fotogrametría reveló las limitaciones de trabajar en contextos donde el vuelo de drones genera desconfianza o requiere permisos complejos. Cada obstáculo puso de manifiesto que la dimensión técnica está siempre atravesada por lo social y lo político.

La experiencia directa en la fotogrametría de corta distancia permitió observar la fragilidad y el potencial de este tipo de registros. Haber colaborado previamente en vuelos de dron resultaba útil, pero asumir la captura de imágenes propias y ver cómo se transformaban en un modelo posibilita comprender el potencial técnico y discursivo al reconstruir, conservar y narrar el patrimonio desde lo digital.

El proceso de investigación y creación se sostuvo en una serie de momentos que funcionaron como verdaderos hitos: la consolidación de un corpus documental, la experimentación con técnicas de registro y la integración de una interfaz que reúne distintos recursos en un mismo entorno. La digitalización permitió dar forma a materiales dispersos; la construcción del

modelo abrió la exploración de la espacialidad del sitio; y la interfaz mostró que el diseño digital puede ser también una forma de investigación que articula memoria, técnica y narración.

La estrategia de difusión, se proyecta para mantener un espacio vivo y en constante construcción. La decisión de asegurar un dominio y garantizar la publicación por dos años respondió a la oportunidad de consolidar una web que posibilite divulgar el proceso en curso y preparada para integrar nuevas capas como registros adicionales, fuentes en formato TEI o aportes ciudadanos.

De esta manera, la investigación se encaminó a responder a la pregunta inicial: ¿cómo diseñar un recurso digital en torno al Morro de Tulcán que permita el diálogo y el reconocimiento de miradas diversas sobre su historia, su territorio y su valor simbólico? Y luego del proceso llevado a cabo, queda claro que imponer una narrativa única es el camino, por el contrario, se hace necesario habilitar un entorno plural que reúne voces, documentos, imágenes, mapas y memorias, y que deja abierta la posibilidad de interpretaciones críticas.

De esta manera, la propuesta se convirtió en una experiencia de aprendizaje que puso en juego los saberes del máster, enfrentó limitaciones técnicas y conceptuales, y exploró el potencial de articular lo digital con lo patrimonial desde una mirada situada y sensible. El Morro de Tulcán, como repositorio interactivo, emerge, así como un espacio donde confluyen la memoria, el conflicto y la posibilidad de diálogo; un espacio que abre caminos para seguir preguntando, aprendiendo y construyendo colectivamente.

7. Referencias bibliográficas

- Angheluță, Laurențiu Marian, Alexandru Ioan Popovici, y Lucian Cristian Ratoiu. 2023. "A Web-Based Platform for 3D Visualization of Multimodal Imaging Data in Cultural Heritage Asset Documentation." *Heritage* 6 (12): 7381–7399. <https://doi.org/10.3390/heritage6120387>.
- Aricò, Manuela, Gino Dardanelli, Marcello La Guardia, y Mauro Lo Brutto. 2024. "Three-Dimensional Documentation and Virtual Web Navigation System for the Indoor and Outdoor Exploration of a Complex Cultural Heritage Site." *Electronics (Basel)* 13 (14): 2833. <https://doi.org/10.3390/electronics13142833>.
- Arroyave Dávila, Estefanía. 2022. "Cien años de fotografía en la arqueología de Colombia (1870–1970): una aproximación." Trabajo de grado (Antropología), Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Bal, Gulsen. 2015. "Performing Resistance Memory: Mapping Spatial Practices of Resistance and Memory in Postcolonial Urban Space." En *Performing Memory in Art and Popular Culture*, editado por Liedeke Plate y Anneke Smelik, 233–249. London: Routledge.
- Botica, Natália, Luís Luís, y Paulo Bernardes. 2024. "Use of Photogrammetry to Survey Iron Age Rock Art Motifs in the Côa Valley: The Vermelha Rock 3 Case Study (Vila Nova de Foz Côa, Portugal)." *Virtual Archaeology Review* 15 (30): 97–109. <https://doi.org/10.4995/var.2024.19725>.
- Boutsi, A.-M., C. Ioannidis, y S. Soile. 2019. "INTERACTIVE ONLINE VISUALIZATION OF COMPLEX 3D GEOMETRIES." *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLII-2/W9: 173–180. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-173-2019>.
- Bravo Minchala, Margarita, y Manuel López Menchero Bendicho. 2020. "Fotogrametría digital para el levantamiento 3D del sitio arqueológico de Todos Santos, Cuenca (Ecuador)." *Virtual Archaeology Review* 11 (22): 45–57. <https://doi.org/10.4995/var.2020.13297>.
- Caballero, Antonio. 2014. *Historia de Colombia y sus oligarquías (1498-2017)*. Bogotá: Ministerio de Cultura; Biblioteca Nacional de Colombia.
- Castañeda V., Carolina. 2022. "Hacer historia: el presente de los monumentos en el paro nacional." *Tabula Rasa*, n.º 44: 165–188. <https://doi.org/10.25058/20112742.n44.07>.

- Castelblanco Matiz, Laura Patricia. 2021. "Exposiciones para el diálogo. Una propuesta para la gestión del patrimonio incómodo: el caso del Morro del Tulcán y el monumento a Sebastián de Belalcázar." Tesis de máster, Universidad de La Laguna.
- Castro Muñoz, Víctor Danilo. 2025. Repositorio multimedia Morro de Tulcán. Accedido el 10 de septiembre de 2025. <https://morrodetulcanvirtual.com>
- Centro Nacional de Memoria Histórica, y Organización Nacional Indígena de Colombia. 2019. *Tiempos de vida y muerte: memorias y luchas de los Pueblos Indígenas en Colombia*. Bogotá: CNMH-ONIC.
- Cerón, Marvin. 2022. "Monumento Virtual: Interacción y Participación Ciudadana en el Morro de Tulcán." Memoria del Proyecto de Grado, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Choi, S. J., J. Y. Lee, S. J. Yoo, y S. H. Kim. 2023. "3D Photogrammetry Modeling for Safety Monitoring of Fortress Walls." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLVIII-M-2-2023: 421–426. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-421-2023>.
- Colprensa. 2020. "¿Qué se sabe del derribo de la estatua de Belalcázar en Popayán?" *El Colombiano*, 16 de septiembre de 2020.
- Cubillos Chaparro, Julio César. 1959. "El Morro de Tulcán (pirámide prehispánica): arqueología de Popayán, Cauca, Colombia". *Revista Colombiana de Antropología* 8: 215-357.
- DW. 2020. "Colombia: polémica por el derribo de estatua de conquistador." *DW*, 17 de septiembre de 2020.
- Ferrari, Simone. 2024. "Paisaje lingüístico y epistemologías indígenas. Consideraciones teóricas y perspectivas de estudio." *Visitas al Patio* 18 (1): 116–135. <https://doi.org/10.32997/RVP-vol.18-num.1-2024-4613>.
- Forensic Architecture. 2018. "The Destruction of Yazidi Cultural Heritage: Analysis." *Forensic Architecture*, 20 de septiembre de 2018.
- Funes, Paula Daniela, María Eugenia San Miguel, y Rocío Monserrat Míguez Palacio. 2021. "La representación de los pueblos indígenas en las salas Arqueología y Etnografía en Tecnópolis

(Argentina): experiencias desde la extensión universitaria." *Anales de Antropología* 55 (1): 131–142. <http://dx.doi.org/10.22201/iaa.24486221e.2021.1.76124>.

Garcés G., Jorge A., ed. 1936. *Colección de documentos inéditos relativos al adelantado capitán don Sebastián de Benalcázar: 1535-1565*. Quito: Talleres Tipográficos Nacionales.

Giraldo Tenorio, Hernando Javier, Mateo Fernando Díaz Astaiza, y Germán Andrés Corrales Otero. 2023. "Desigualdades sociales, producción y consumo en unidades domésticas prehispánicas en el valle de Popayán, Colombia." *Revista Colombiana de Antropología* 59 (1): 140–172. <https://doi.org/10.22380/2539472X.2364>.

Gnecco, Cristóbal, y Patricia Ayala Rocabado, eds. 2010. *Pueblos indígenas y arqueología en América Latina*. Bogotá, D.C.: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, Banco de la República; CESO, Universidad de los Andes.

González-Quiñones, Juan José, et al. 2022. "Monitoring an archaeological excavation using photogrammetry and digital elevation models (DEMS): The case study of Barranco León in Orce (Granada, Spain)." *SPAL* 31 (2): 245-270. <https://dx.doi.org/10.12795/spal.2022.i31.18>.

Grau González-Quevedo, Esteban Rubén, et al. 2021. "The Use of 3D Photogrammetry in the Analysis, Visualization, and Dissemination of the Indigenous Archaeological Heritage of the Greater Antilles." *Open Archaeology* 7 (1): 45-57. <https://doi.org/10.1515/opar-2020-0144>.

Guerrero-Hernández, Juan Carlos. 2023. "A Decolonial and Pedagogic Fall on Tulcan Hill: Between Recasting Public Memory and Place, and Recovering History and Commemoration." En *Fallen Monuments and Contested Memorials*, editado por Juilee Decker. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003256076-5>.

Guzmán, K. 2018. "La pirámide truncada: la historia detrás de El Morro." *Co Marca Periodismo Universitario*, 25 de febrero de 2018.

Huggett, Jeremy. 2015. "A Manifesto for an Introspective Digital Archaeology." *Open Archaeology* 1 (1): 86–95. <https://doi.org/10.1515/opar-2015-0003>.

Londoño Díaz, Wilhelm. 2022. "Transición de los paisajes de la nacionalidad blanca a la sociedad intercultural: un análisis de los monumentos derribados de algunos

conquistadores por parte de movimientos sociales indígenas.” *Tabula Rasa*, no. 44: 23–40.

<https://doi.org/10.25058/20112742.n44.02>.

Maqueda García-Morales, Raúl, y Manuel Luque Cortina. 2015. “Paleocatálogo 3D: Fotogrametría para la realización de un Catálogo Virtual en 3D de alta calidad, accesible y gratuito.” *Virtual Archaeology Review* 6 (13): 35–48.

<https://doi.org/10.4995/var.2015.4369>.

Melo, Jorge Orlando. 1996. *Historia de Colombia: el establecimiento de la dominación española*. Bogotá: Presidencia de la República.

Morales Fernández, Sory Alexander. 2020. “La ciudad o-culta”. Tesis doctoral, Universidad de Caldas.

Pueblos en Camino. 2020. “¡Cayó conquistador! ¡Indígenas Misak, Nasa y Pijao derriban la estatua de Sebastián de Belalcázar!” Consejo Regional Indígena del Cauca (CRIC), 16 de septiembre de 2020.

Rebaza, C., y L. Henderson. 2020. “Manifestantes indígenas derriban estatua de Sebastián de Belalcázar, un conquistador español, en Colombia.” *CNN*, 17 de septiembre de 2020.

Rodríguez, Carlos Armando. 1991. “Los estudios sobre la historia prehispánica del suroccidente de Colombia y el noroccidente del Ecuador.” Informe de síntesis. Cali: Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas (INCIVA).

Rojas-Sotelo, Miguel. 2022. “Iconoclastia, justicia indígena, historia y memoria. Actos de fabulación y soberanía.” *Estudios Artísticos: revista de investigación creadora* 8 (12): 20–47. <https://doi.org/10.14483/25009311.18012>.

Romoleroux Halaby, M. F. 2023. “¿Dónde está la estatua de Sebastián de Belalcázar que fue derribada en Popayán?” *El Tiempo*, 2 de agosto de 2023.

Rosa, Alberto. 2000. “Memoria, historia e identidad: Una reflexión sobre el papel de la enseñanza de la historia del desarrollo de la ciudadanía.” En *Memoria colectiva e identidad nacional*, editado por David Bakhurst y G. Bellelli, 47-69. Madrid: Biblioteca Nueva.

Sánchez Rodríguez, Mayra Alejandra. 2024. “De la memoria administrada por las élites a la surgida de la resistencia: Estudio de caso sobre el derribo de monumentos por parte del pueblo Misak.” Monografía de grado, Escuela Superior de Administración Pública (ESAP).

- Sánchez, T. V. 2020. "Indígenas colombianos derriban estatua de conquistador español." *France 24*, 18 de septiembre de 2020.
- Santos Zas, Margarita, y Carmen Vílchez Ruiz. 2021. "TODO VALLE-INCLÁN EN RED: EL ARCHIVO DIGITAL DEL GIVIUS." *Signa*, n.º 30: 139–162.
- Solarte Nates, L. F. 2020. "El derribado Belalcázar y el cacique Pubén." *Las2orillas*, 18 de septiembre de 2020.
- Verdú, R. 2020. "Un grupo de indígenas derriba una estatua en Colombia del conquistador cordobés Sebastián de Belalcázar." *ABC (España)*, 17 de septiembre de 2020.
- Velasco Cháves, Gustavo A. 1996. *Protección del patrimonio mueble artístico, histórico y etnológico*. Popayán: Universidad del Cauca.
- Vargas Álvarez, Sebastián. 2021. *Atacar las estatuas. Vandalismo y protesta social en América Latina*. Bogotá, Colombia: Fundación Publicaciones La Sorda.

8. Anexos

Anexo 1. Matriz de cadenas de búsqueda

Tabla 5. Matriz de cadenas de búsqueda

Cadena de búsqueda
"Morro de Tulcán" AND arqueología AND Popayán AND Indígena
arqueología AND Indígena AND digital
"Tulcán Hill" AND archaeology AND Popayán AND Indigenous
"fotogrametría arqueológica" AND digitalización
"archaeological photogrammetry" AND digitization
"fotogrametria arqueológica" AND digitalização
"photogrammètrie archéologique" AND numérisation
"glTF" OR "Three.js" AND patrimonio digital
"glTF" OR "Three.js" AND digital heritage
"glTF" OR "Three.js" AND patrimônio digital
"glTF" OR "Three.js" AND patrimoine numérique
"difusión del patrimonio arqueológico" AND fotogrametría
"archaeological heritage dissemination" AND photogrammetry
"difusão do patrimônio arqueológico" AND fotogrametria
"diffusion du patrimoine archéologique" AND photogrammètrie
"recorridos virtuales" AND didáctica AND patrimonio
"virtual tours" AND didactics AND heritage
"visitas virtuais" AND didática AND patrimônio
"visites virtuelles" AND didactique AND patrimoine
"digital humanities" AND heritage AND web AND indigenous

Elaboración propia

Anexo 2. Matriz de recursos multimedia para interfaz

Tabla 6. Matriz de recursos multimedia seleccionados para interfaz

SEBASTIÁN Y EL DERRIBO		
Nombre y autor de recurso	Tipo	Adjunto
Retrato de Belalcázar / Autor Desconocido	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/01_Retrado-Belalcazar_Desconocido_Archivo-Historico-Popayan.jpg
Estatua Derribada (2020) / Autor Desconocido	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Derribo-de-la-Estatua-de-Sebastian-de-Belalcazar.jpg
Plano General del Derribo/ Autor Desconocido	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Derribo-de-la-Estatua-de-Sebastian-de-Belalcazar_02.jpg
Indígenas tumbaron la estatua de Sebastián de Belalcázar en Popayán. / Agencia EFE	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Indigenas-tumbaron-la-estatua-de-Sebastian-de-Belalcazar-en-Popayan--Agencia-EFE.png
Indígenas Misak derriban estatua de Sebastián de Belalcázar / El Tiempo	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/indigenas-Misak-derriban-estatua-de-Sebastian-de-Belalcazar--El-tiempo.jpeg
Implicaciones del derribo de la estatua de Belalcázar en Popayán / Facultad de Artes y Humanidades de Los Andes	Video	https://www.youtube.com/watch?v=uMCi17-XXsU
¿Por qué tumbar la estatua de Sebastián de Belalcázar? / La silla Vacía	Video	https://www.youtube.com/watch?v=vglEx-bIIMc
Pueblo Misak: juicio indígena a Sebastián de Belalcázar / El espectador	Video	https://www.youtube.com/watch?v=Rrv9i_CMSs8
Fue trasladada en helicóptero hasta el batallón la estatua de Sebastián de Belalcazar	Video	https://www.facebook.com/ardigitalnoticias/videos/trasladadapara-restauraci%C3%B3n-compartiren-la-ma%C3%B1ana-de-este-s%C3%A1bado-fue-trasladada-e/166426078323235/
Biografía Sebastián de Belalcázar / Enciclopedia Banco de la República	Artículo Web	https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=Sebasti%C3%A1n_de_Belalc%C3%A1zar
Biografía de Sebastián de Belalcázar / Historia del nuevo mundo	Artículo web	https://www.historiadelnuevomundo.com/biografia-sebastian-belalcazar/
De estatuas, conquistadores, y colonialismo / El Espectador	Artículo web	https://www.elespectador.com/el-magazin-cultural/de-estatuas-conquistadores-y-colonialismo-article/
Indígenas tumbaron la estatua del conquistador español	Artículo web	https://www.infobae.com/america/colombia/2020/09/17/indigenas-tumbaron-la-estatua-del-conquistador-espanol-sebastian-de-belalcazar-en-el-suroeste-de-colombia/

Sebastián de Belalcázar en el suroeste de Colombia / Infobae		
Las estatuas mueren también / Carlos Duarte / Proclama del Pacífico	Artículo web	https://www.proclamadelpacifico.com/las-estatuas-mueren-tambien/
Indígenas tumban la estatua de un conquistador español en el suroeste de Colombia / EFE LATAM	Artículo web	https://es-us.noticias.yahoo.com/ind%C3%ADgenas-tumban-estatua-conquistador-espa%C3%B1ol-072300608.html+A17:C17A16:C17A15:C17A1A12:C17A14:C17A13:C17A12:C17A13:C17A12:C17A11:C17A10:C17A11:C17A1A12:C17A10:C17A9:C17A10:C17A9:C17A1A12:C17

PUBEN Y LOS PUBENENSES		
Nombre y autor de recurso	Tipo	Adjunto
Morro de Tulcán con escultura del Cacique Pubén / Montaje / Autor: desconocido	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Morro-con-caicque-puben.jpeg
El Cacique Pubén. Rómulo Rozo. Fuente: Jaime Vejarano Varona(1984, Popayán), Relicario de Colombia, (Cali, Colombia), Editorial Feriva Ltda.	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Cacique-Puben_Escultura-de-Romulo-Rozo.jpg
Imagen a Escala Escultura del Cacique Pubén por Christian Padilla	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Cacique-Puben_Escultura-de-Romulo-Rozo_02.jpg
Cacique Payán- Escultura Jorvel Lee	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Cacique-Puben_Yorbel-Lee_diario-Ciudad.jpg
Morro de Tulcán con escultura del Cacique Pubén / Propuesta de Mirador Turístico / Montaje / Autor: Miller Camel	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Mirardor-turistico_01.jpg
Morro de Tulcán con escultura del Cacique Pubén / Propuesta de Mirador Turístico / Montaje / Autor: Miller Camel	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Mirardor-turistico_02.jpg
El Realizador de la escultura del cacique payán estuvo en el Canal Zona D TV	Video	https://www.youtube.com/watch?v=FyHaOdZd0lc
Amor y espionaje en la guerra de Pubenza-Luis Jesus Solís Gómez	Video	https://www.facebook.com/watch/?v=570190097580714
Amor y espionaje en la guerra de Pubenza / por luis jesus solis gomez	Artículo web	https://elnuevoliberal.com/opinion/amor-y-espionaje-en-la-guerra-de-pubenza/

La pirámide truncada de Popayán / Por: Andrés Córdoba / Co Marca Digital	Artículo web	https://agendapropia.co/articulos/la-piramide-truncada-de-popayan?language=es
Iconoclastia, justicia indígena, historia y memoria. Actos de fabulación y soberanía / Miguel Rojas Sotelo	Artículo académico	https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/estart/article/view/18012/16831
Origen y arquitectura pubenense en el valle de Popayán. Arquitectura Propia del Pueblo Misak o Guambiano.	Artículo académico	https://www.researchgate.net/publication/372455186_Origen_y_arquitectura_pubenense_en_el_valle_de_Popayan_Arquitectura_Propia_del_Pueblo_Misak_o_Guambiano
Patrimonio y arqueología histórica: una mirada desde la Popayán colonial	Artículo académico	https://www.researchgate.net/profile/Diogenes-Patino/publication/274391408_PATRIMONIO_Y_ARQUEOLOGIA_HISTORICA_UNA_MIRADA_DESDE_LA_POPAYAN_COLONIAL/links/5523bc320cf2c74f0dff072c/PATRIMONIO-Y-ARQUEOLOGIA-HISTORICA-UNA-MIRADA-DESDE-LA-POPAYAN-COLONIAL.pdf?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
Breve Cronica De La Destruccion De Pupinyan / Daniel Brunelesch Carvajal	Recurso digital	https://www.calameo.com/read/005997229b5329dd15e4f
La lucha de los últimos Pubenenses contra el exterminio	Artículo web	https://justiciaydignidad.org/2023/06/18/la-lucha-de-los-ultimos-pubenenses-contra-el-exterminio/

CUBILLOS Y SUS EXCAVACIONES		
Nombre y autor de recurso	Tipo	Adjunto
Morro de Tulcán, Popayán (fotografías de Julio Cesar Cubillos Ch.	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Morro-de-Tulcan-popayan.jpg
Morro de Tulcán, Popayán (fotografías de Julio Cesar Cubillos Ch.	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Cubillos-02.jpg
Foto tomada por: Héctor Llanos V. (1975) (recuperado	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Julio_Cesar_Cubillos_1975.jpg
Historia sobre el Museo Arqueológico Julio César Cubillos en la voz de William Faudelseo	Video	https://www.youtube.com/watch?v=7PguckEFHMQ
Línea del Tiempo Biográfica Julio Cesar Cubillos	Recurso web	https://museoarqueologico.univalle.edu.co/es-co/acerca-del-museo1/fundador
	Artículo de revista	https://revistas.icanh.gov.co/index.php/rca/article/view/1768

El Morro de Tulcán (pirámide prehispánica) / Julio César Cubillos Chaparro / Revista Colombiana De Antropología		
Museo Julio César Cubillos, patrimonio arqueológico de la Universidad del Valle	Artículo	https://libros.univalle.edu.co/index.php/programaeditorial/catalog/view/214/86/1682
Documentando las actividades de producción y consumo de una unidad doméstica prehispánica en el Valle de Popayán	Tesis de pregrado	http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/10009/Documentando%20las%20actividades%20de%20producci%3%b3n%20y%20consumo%20de%20una%20unidad%20dom%3%a9stica%20prehisp%3%a1nica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ESTUDIOS RECIENTES		
Nombre y autor de recurso	Tipo	Adjunto
Semillero de Investigación en Arqueología de la Universidad del Cauca desarrolla el proyecto del Instituto Colombiano de Antropología e Historia que busca mapear y descubrir que hay debajo de la parte visible en el morro de Tulcán.	Imagen	https://morrodetulcanvirtual.com/wp-content/uploads/2025/09/Morro_Georadar_Meridiano_Regional.jpeg
Magnetómetros y georradars como herramientas para investigación arqueológica	Video	https://www.youtube.com/watch?v=2I4IYTQNgPI
Con georradar, arqueólogos buscan que hay debajo de la parte visible del morro de Tulcán	Video	https://www.facebook.com/watch/?v=428141598733508
Avances de investigación sobre El Morro de Tulcán, Popayán. Día 1	Video	https://www.youtube.com/watch?v=Lv7jTvGnukU
Avances de investigación sobre El Morro de Tulcán, Popayán. Día 2	Video	https://www.youtube.com/watch?v=VPiTF6MFmw&embeds_referring_euri=https%3A%2F%2Fmorrodetulcanvirtual.com%2F&source_ve_path=OTY3MTQ
Semillero de Investigación en Arqueología y Patrimonio adelanta estudios en los montículos prehispánicos del Valle de Pubenza	Reseña web / Video	https://portal.unicauca.edu.co/versionP/noticias/investigaci%C3%B3n/semillero-de-investigaci%C3%B3n-en-arqueolog%C3%ADa-y-patrimonio-adelanta-estudios-en-los-mont%C3%ADculos-prehis
Arqueología, Historia y Arte / Conversatorio sobre el Morro de Tulcán / Universidad del Cauca	Video	https://www.youtube.com/watch?v=xdd_OFq-Dlc

Desigualdades sociales, producción y consumo en unidades domésticas prehispánicas en el valle de Popayán, Colombia / Giraldo Tenorio, H. J., Díaz Astaiza, M. F., & Corrales Otero, G. A. . (2023)	Artículo Académico	https://revistas.icanh.gov.co/index.php/rca/article/view/2364
ARQUEOLOGÍA HISTÓRICA DE POPAYÁN Y LA VISIBILIZACIÓN DE SU CULTURA TRADICIONAL / WILHELM LONDOÑO	Artículo Académico	http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0486-65252011000100005
Caracterización del conjunto de pirámides prehispánicas de la zona de Popayán, Cauca. Datos de georradar - Temporada 2021 Por Víctor González Fernández	Artículo web	https://www.icanh.gov.co/generales/areas-misionales/arqueologia-1/repositorio-de-documentos-arqueologicos/caracterizacion-del-conjunto-de-piramides-prehispanicas-de-la-zona-de-popayan-cauca-datos-de-georradar-temporada-2021-por-victor-gonzalez-fernandez
Grupo de arqueólogos realizan mapeo y con georradar intentan verificar que hay debajo de la parte visible del morro de Tulcán / Meridiano Regional	Artículo web	https://meridianoregional.com/grupo-de-arqueologos-realizan-mapeo-y-con-georradar-intentan-verificar-que-hay-debajo-de-la-parte-visible-del-morro-de-tulcan/

OTROS RECURSOS		
Nombre y autor de recurso	Tipo	Adjunto
Galería de Imágenes sobre el Morro de Tulcán	Imagen	https://comisionfilmicacolombia.com/locacion/morro-del-tulcan/
Ocupación de las poblaciones prehispánicas en el Valle de Popayán / Mera Chávez, Nicole	Tesis de pregrado	http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7180/Ocupaci%C3%B3n%20de%20las%20poblaciones%20prehisp%C3%A1nicas%20en%20el%20Valle%20de%20Popay%C3%A1n.pdf?sequence=1&isAllowed=y
LA MÍTICA PIRÁMIDE COLOMBIANA //La pirámide de Tulcán / El sebas Reyes	Video / Difusión	https://www.youtube.com/watch?v=g6SXj-Z1hHs
POPAYÁN: En el Morro de TÚLCAN, hay una CIUDAD bajo tierra. / Pao Pineda Oficial	Video / Difusión	https://www.youtube.com/watch?v=BTEZCsWZc4
Visitamos la única PIRÁMIDE prehispánica en Colombia Morro de Tulcán / Pensamiento Espiral	Video / Difusión	https://www.youtube.com/watch?v=m3orJaShOaQ
Cree usted que debe volver #sebastiandebelcalzar al morro de Tulcán? / Indagando La Historia	Video / Difusión	https://www.youtube.com/watch?v=XSgIpkwJSWU

Elaboración propia, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.

Anexo 3. Modelo de ficha bibliográfica

Tabla 7. Modelo de gestión de ficha bibliográficas

Campo	Contenido
Título	Nombre completo del recurso, tal como aparece en la fuente
Autor(es)	Apellido, Nombre iniciales de todos los autores
Palabras clave	Términos relevantes para la investigación
Resumen	Aporte del recurso: qué estudia, cómo lo hace y qué resultados o conclusiones principales ofrece
Tipo de recurso	Artículo de revista / Ponencia en congreso / Libro / Informe / Imagen de archivo / Página web / Tesis
Eje	Temático / Técnico / Tecnológico / Metodológico / Narrativo
Pertinencia para el proyecto	Cómo se relaciona el recurso con el TFM, qué aspectos nutre o complementa
Aportes principales	Primer aporte clave; Segundo aporte clave; Tercer aporte clave
Referencia	Referencia completa siguiendo el estilo Chicago autor-fecha
DOI o URL	Enlace directo, si existe
Observaciones	Notas sobre acceso abierto, licencia, institución de origen, condiciones de consulta, etc.
Fecha de consulta	dd/mm/aaaa
Fecha de realización de la ficha	dd/mm/aaaa

Elaboración propia, Víctor Danilo Castro-Muñoz, 2025.