



Universidad Técnica Federico Santa María

Departamento de Informática

Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil en Informática

Aplicando una metodología ágil dinámica para un proyecto de reconstrucción digital de patrimonios “RVivum”

Nicolás Ignacio Cancino Henríquez

nicolas.cancino@usm.cl

Guía: Marcello Alfredo Visconti Zamora

Resumen:

Esta memoria tiene como objetivo aplicar y evaluar una metodología ágil en el proyecto RVivum, centrado en la reconstrucción digital de patrimonios históricos mediante inteligencia artificial. El proyecto enfrenta desafíos técnicos complejos y busca soluciones innovadoras para establecer un marco metodológico estructurado que permita organizar eficientemente el trabajo individual dentro del proyecto.

Se propone adaptar las metodologías ágiles Scrum y Kanban a un entorno de trabajo individual con coordinación grupal. Esto facilita la organización, el registro de decisiones y la mejora continua del proceso. Para validar la propuesta, se realizaron ciclos iterativos y pruebas de usabilidad, demostrando que la metodología adoptada mejora la eficiencia del desarrollo y contribuye a la preservación digital del patrimonio histórico.

Palabras Clave: Metodología Ágil, Scrum, Kanban, Gestión de Proyectos, Planificación Iterativa

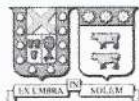
1. Introducción

1.1. Contexto, Motivación y Problemática

Este trabajo se enmarca dentro del contexto del proyecto anual denominado “Feria de Software”, realizado por los estudiantes de Ingeniería Civil Informática. En este contexto, se busca una iniciativa orientada a concienciar y educar sobre la historia de Chile. Específicamente, el proyecto busca abordar una problemática que ha sido poco explorada desde el ámbito de la informática y las tecnologías, la preservación del patrimonio cultural del país.

Chile, al ser un país propenso a desastres naturales como terremotos, tsunamis e incendios, enfrenta una constante amenaza a su patrimonio cultural. Muchas estructuras históricas se encuentran deterioradas, mal cuidadas o incluso destruidas por estos eventos. Además, factores como la falta de financiamiento, desacuerdos políticos o incluso la falta de interés en la conservación del patrimonio contribuyen a la pérdida de este legado cultural, al menos en su forma física.

Sin embargo, el desafío radica en la falta de documentación sobre cómo abordar este tipo de proyectos, particularmente en el campo de la historia, los museos y la conservación digital. El proyecto enfrenta la necesidad de desarrollar una metodología de trabajo que permita operar de manera eficiente, clara y óptima en un contexto donde la documentación y las guías sobre cómo combinar la tecnología con la conservación del patrimonio son escasas. Así, el principal reto es encontrar un proceso adaptable, flexible y adecuado a las características del contexto en el que se desarrolla este proyecto, permitiendo que la tecnología se ajuste a las necesidades específicas de los museos, instituciones culturales y, en general, de la preservación del patrimonio histórico de Chile.



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Aplicando una metodología ágil dinámica para un proyecto de reconstrucción digital de patrimonio RV:UM

Nombre del candidato(a): Nicolás Ignacio Cancino Henríquez

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Informática

Campus: Dan Joaquín Departamento: Informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Marcello Alfredo Visconti Zamora, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

6 meses 12 meses 2 años 3 años 5 años 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 10/03/2026 Firma: Visconti

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 15/01/2026 Firma: NH

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

1.2. Definición del Problema

Chile ha sufrido una pérdida significativa de su patrimonio histórico debido a desastres naturales, abandono y el paso del tiempo. Monumentos emblemáticos, como las iglesias de Chiloé, el Palacio Hirmas y la Iglesia de la Compañía de Jesús, han sido gravemente dañados o destruidos, lo que dificulta su acceso y estudio por parte de expertos y del público. La restauración física de estos patrimonios enfrenta barreras técnicas, éticas y económicas, lo que subraya la urgente necesidad de soluciones innovadoras para preservar la memoria cultural del país.

Además de las limitaciones físicas de la restauración, surge un reto metodológico crucial, cómo abordar la reconstrucción digital de estos patrimonios de forma eficiente, efectiva y adaptable al contexto particular de cada sitio histórico. El proceso de conservación digital debe ser flexible para poder adaptarse a la diversidad de monumentos, su estado de conservación y las necesidades de los usuarios clave, como instituciones culturales, museos y propietarios de los sitios. La falta de una metodología establecida y documentada para la digitalización de patrimonios en Chile se convierte en una barrera significativa para su implementación a gran escala.

El principal desafío en este contexto radica en la creación de un proceso metodológico que permita una integración ágil, dinámica y eficiente de las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y la realidad virtual, en el ámbito de la preservación cultural. Actualmente, no existen guías o estándares claros para llevar a cabo proyectos de este tipo en Chile, lo que exige la construcción de un marco de trabajo que abarque las necesidades específicas de la preservación histórica, los actores involucrados y las limitaciones económicas y normativas del país.

En cuanto a la metodología, el problema se centra en la dificultad de encontrar un proceso que combine de manera efectiva los aspectos técnicos con los culturales y sociales del proyecto. La reconstrucción digital no solo debe centrarse en la reproducción precisa de los monumentos, sino también en ofrecer una experiencia educativa y cultural que sea accesible a la comunidad, sin comprometer la integridad del patrimonio original ni la sostenibilidad de las soluciones propuestas. Así, el proceso debe ser ágil, capaz de adaptarse a las constantes evoluciones del proyecto y de los usuarios, lo que implica la necesidad de implementar una metodología flexible que permita iteraciones rápidas, mejoras continuas y una evaluación constante del impacto de la solución.

En este sentido, la creación de una metodología ágil y dinámica que permita abordar la reconstrucción digital del patrimonio cultural de manera innovadora, eficiente y sostenible se convierte en el núcleo del problema. La falta de un marco claro para integrar estas herramientas tecnológicas en el proceso de conservación plantea un desafío fundamental que debe resolverse para asegurar el éxito de la iniciativa RVivum.

1.3. Propuesta de Solución

El proyecto aborda la problemática de la pérdida irreversible del patrimonio histórico de Chile mediante el uso de una metodología ágil y adaptativa, cuyo principal objetivo es desarrollar un proceso eficiente y flexible para la reconstrucción digital de monumentos históricos. Esta metodología se adapta a un entorno de trabajo colaborativo, con ciclos iterativos que permiten una mejora continua del producto final y una mayor visibilidad del progreso, lo que facilita la toma de decisiones y la adaptación a cambios en el proceso.

Objetivos Planteados:

- **Implementación y formalización de una metodología ágil adaptada:** Desarrollar un marco metodológico basado en la combinación de Scrum y Kanban, adaptado a un entorno de trabajo individual con coordinación grupal. Esto incluye la definición detallada de flujos de trabajo, la justificación técnica de las herramientas utilizadas y la estructura de roles necesaria para la reconstrucción digital de patrimonios.
- **Gestión y trazabilidad mediante ciclos iterativos:** Definir y ejecutar ciclos de trabajo con una estructura de planificación, seguimiento y revisión sistemática. El progreso se gestiona a través de

tableros digitales y registros de actividades, lo que garantiza la visibilidad de los avances, la identificación temprana de bloqueos y el mantenimiento de la trazabilidad en el desarrollo de los escenarios virtuales.

- **Documentación de la toma de decisiones y coordinación técnica:** Registrar de manera estructurada el impacto de la metodología en la toma de decisiones técnicas y la coordinación con el equipo de RVivum. Esto se traduce en la generación de bitácoras de decisiones, esquemas de interacción mediante ramas de trabajo y el análisis del flujo colaborativo para optimizar la reconstrucción del patrimonio histórico.
- **Evaluación del desempeño mediante indicadores y pruebas de usuario:** Evaluar la efectividad de la metodología aplicada utilizando indicadores clave de desempeño (KPIs) como el cumplimiento de plazos, de Historias de Usuario y pruebas de usabilidad con usuarios finales. Esto permite validar la calidad de los entregables 3D, comparar el rendimiento entre iteraciones y elaborar propuestas de mejora basadas en evidencia cuantitativa y cualitativa.

1.4. Marco Teórico Adoptado

El marco teórico adoptado en este proyecto se basa en la aplicación de metodologías ágiles, específicamente Scrum y Kanban, para abordar los desafíos asociados con la reconstrucción digital del patrimonio histórico de Chile. Esta elección metodológica responde a la necesidad de una solución flexible y adaptativa que permita una integración eficiente de las tecnologías emergentes, como la Inteligencia Artificial y la Realidad Virtual, para la digitalización de monumentos.

- **Preservación Digital de Patrimonios:** Es una estrategia global para proteger y difundir bienes históricos frente a amenazas como desastres y deterioro, utiliza tecnologías como escaneo 3D, IA y realidad virtual. En Chile, debido a su alta exposición a catástrofes naturales, la digitalización se presenta como una herramienta clave y complementaria a la restauración física para resguardar la memoria histórica y fortalecer la identidad cultural.
- **Rvivism:** Iniciativa desarrollada en el contexto de la Feria de Software de la USM, cuyo objetivo es reconstruir digitalmente patrimonios históricos mediante Inteligencia Artificial y Realidad Virtual. El proyecto está conformado por seis integrantes con roles especializados y propone una metodología ágil para desarrollar experiencias inmersivas que permitan preservar, difundir y fortalecer la memoria histórica y cultural a través de tecnologías emergentes.
- **Scrum:** Una metodología ágil que se utiliza para la gestión de proyectos de desarrollo de software. Su aplicación en RVivum se centra en organizar el trabajo en ciclos llamados sprints, que permiten entregar avances funcionales e iterativos del proyecto. Cada sprint se planifica al principio, se revisa al final y se ajusta según el feedback recibido, a través de reuniones diarias (dailys) y retrospectivas al final de cada sprint, el equipo mantiene la visibilidad sobre el progreso y toma decisiones rápidas para ajustar el rumbo según sea necesario.
- **Kanban:** Complementa el enfoque Scrum al proporcionar una visualización clara del flujo de trabajo mediante un tablero Kanban. En este tablero, las tareas del proyecto se dividen en diferentes columnas según su estado: pendiente, en progreso, y completada. Esto facilita la gestión de tareas y permite al equipo identificar cuellos de botella y optimizar el proceso de trabajo. En RVivum, el uso de Kanban permite que el equipo mantenga una visión clara de todas las tareas necesarias para la digitalización del patrimonio y la creación de representaciones virtuales, asegurando que no se pase por alto ninguna parte del proceso.
- **Realidad Virtual:** Es una tecnología que permite crear entornos digitales interactivos y tridimensionales en los cuales los usuarios pueden sumergirse y explorar como si estuvieran dentro de esos espacios físicos. Esto juega un papel crucial al permitir que los usuarios experimenten monumentos históricos y sitios patrimoniales de manera inmersiva, incluso cuando estos ya no existen o son inaccesibles debido a su deterioro. La Realidad Virtual no solo facilita la preservación y accesibilidad de los monumentos, sino

que también transforma el aprendizaje sobre el patrimonio en una experiencia interactiva y educativa, eliminando las limitaciones físicas de las visitas tradicionales.

- **Inteligencia Artificial:** Se utiliza para generar modelos 3D detallados de los monumentos históricos sin necesidad de conocimientos avanzados en modelado 3D. La IA procesa datos históricos, como fotografías antiguas, videos y planos, para reconstruir digitalmente estos monumentos de forma precisa. Esto permite crear representaciones fieles de los sitios históricos, incluso si los datos disponibles están incompletos o deteriorados. Gracias a la IA, el proceso de modelado es automatizado permitiendo que la tecnología sea accesible y aplicable en una amplia gama de contextos, facilitando la preservación digital del patrimonio cultural de manera eficiente y precisa.

1.5. Metodología Aplicada para su Validación

La adopción de una metodología ágil tiene un impacto directo en la eficiencia, organización y calidad de la solución propuesta. A través de ciclos iterativos, el proyecto podrá ajustarse rápidamente a los cambios y desafíos en el proceso de reconstrucción digital del patrimonio. Durante cada sprint, no solo se avanzará en el desarrollo de los modelos 3D y los entornos virtuales, sino que también se realizarán pruebas constantes con los usuarios y expertos en patrimonio para validar que la reconstrucción digital cumple con los requerimientos de precisión, accesibilidad y relevancia histórica.

La validación de la metodología será una parte fundamental del proceso. A lo largo de los ciclos de trabajo, se realizarán revisiones periódicas y pruebas de usabilidad con los usuarios clave (como personal de museos y usuarios del mismo) para asegurar que el sistema sea fácil de usar y eficaz en la preservación y visualización del patrimonio. La retroalimentación obtenida durante estas iteraciones permitirá ajustar rápidamente el proyecto, identificar errores y afinar las características del producto para alinearse con las expectativas de los usuarios.

Al final de cada iteración, se evaluará si los objetivos del sprint se han cumplido, y se analizará si la metodología ágil aplicada ha permitido avances rápidos y eficaces en la reconstrucción digital, además de asegurar que la experiencia de usuario sea la adecuada. La metodología ágil permitirá realizar estos ajustes continuos, asegurando que el proceso sea dinámico y adaptativo, y validando si la solución se está desarrollando de manera eficiente, escalable y replicable en diversos contextos patrimoniales.

1.6. Organización del Informe

El informe está organizado para proporcionar una visión completa del desarrollo y ejecución del proyecto. En primer lugar, se exploran las metodologías ágiles adoptadas, como Scrum y Kanban, y se describe el marco teórico que respalda el uso de herramientas como la Realidad Virtual e Inteligencia Artificial en la digitalización del patrimonio.

A lo largo del informe, se detallan los aspectos prácticos del proyecto, comenzando con la organización del equipo y la distribución de roles, que fueron fundamentales para asegurar una gestión eficiente. Se abordan también los requerimientos técnicos y las modalidades de trabajo adoptadas, así como los obstáculos enfrentados durante el desarrollo. El análisis de los resultados y la validación de la propuesta se realizan mediante ciclos iterativos, con la intención de evaluar la eficacia de la metodología aplicada. Finalmente, el informe concluye con una reflexión sobre las lecciones aprendidas y las recomendaciones para mejorar en futuras iteraciones del proyecto.

2. Definición del Marco Teórico y Estado del Arte

2.1. Preservación Digital de Patrimonios

La preservación digital del patrimonio cultural se ha consolidado a nivel mundial como una estrategia fundamental para resguardar, documentar y difundir bienes históricos frente a amenazas como desastres naturales,

conflictos armados, urbanización acelerada y el deterioro propio del paso del tiempo. Organismos internacionales como la UNESCO han impulsado iniciativas orientadas a la digitalización de sitios patrimoniales mediante tecnologías como el escaneo 3D, la fotogrametría, la inteligencia artificial y la realidad virtual, promoviendo el acceso abierto al conocimiento y la conservación de la memoria histórica de la humanidad [14]. Proyectos internacionales han demostrado que la reconstrucción digital no solo permite preservar virtualmente monumentos destruidos o en riesgo, sino también generar nuevas formas de educación, investigación y difusión cultural. En el caso de Chile, la preservación digital adquiere especial relevancia debido a su alta exposición a terremotos, tsunamis e incendios, los cuales han afectado gravemente numerosos bienes patrimoniales. Si bien en el país existen esfuerzos institucionales y académicos orientados a la documentación y conservación, la integración sistemática de tecnologías digitales avanzadas aún se encuentra en desarrollo. En este contexto, la digitalización del patrimonio se presenta como una herramienta complementaria a la restauración física, permitiendo resguardar información histórica, facilitar el acceso ciudadano y fortalecer la identidad cultural, contribuyendo así a una estrategia más resiliente y sostenible de conservación patrimonial.

2.2. Rvivum

RVivum surge como una iniciativa desarrollada en el contexto de la Feria de Software de la Universidad Técnica Federico Santa María, específicamente en el Campus San Joaquín, instancia académica en la cual los estudiantes deben diseñar e implementar un proyecto tecnológico con impacto real. En este marco, el equipo está conformado por seis integrantes, cada uno con roles especializados que permiten abordar el proyecto de manera organizada y profesional. Entre estos roles se incluyen funciones asociadas a la gestión ágil (Scrum Master y Product Owner), liderazgo técnico, diseño, testing y comunicación, lo que facilita una distribución clara de responsabilidades y un flujo de trabajo estructurado.

La conformación de un equipo con roles definidos no solo responde a una necesidad organizativa, sino que también constituye un elemento teórico relevante dentro de la gestión de proyectos tecnológicos complejos. La reconstrucción digital patrimonial implica desafíos interdisciplinarios que combinan historia, modelado 3D, optimización gráfica, experiencia de usuario y comunicación cultural. Por ello, la especialización de funciones permite integrar distintas competencias técnicas y blandas, favoreciendo la coordinación, la trazabilidad del desarrollo y la mejora continua del proceso. En este sentido, RVivum no solo representa una aplicación tecnológica, sino también un caso práctico de implementación metodológica ágil orientada a la preservación digital del patrimonio cultural chileno.

El proyecto se enmarca dentro del campo de la preservación digital del patrimonio como una iniciativa orientada a la reconstrucción virtual de monumentos históricos mediante el uso combinado de Inteligencia Artificial y Realidad Virtual. Conceptualmente, el proyecto se sustenta en la idea de que la tecnología no solo cumple un rol instrumental, sino también cultural y educativo, permitiendo transformar datos históricos, fotografías y registros documentales en experiencias inmersivas tridimensionales. Desde una perspectiva teórica, RVivum integra principios de digitalización patrimonial, modelado 3D asistido por IA y entornos interactivos inmersivos, proponiendo una metodología estructurada para abordar la reconstrucción digital de bienes en riesgo o ya desaparecidos. De esta forma, el proyecto no solo busca reproducir visualmente un patrimonio, sino también generar una experiencia accesible, educativa y sostenible que contribuya a la conservación de la memoria histórica y a la democratización del acceso cultural mediante tecnologías emergentes.

¿Cómo Funciona RVivum?

Reconstrucción Digital de Patrimonios Históricos

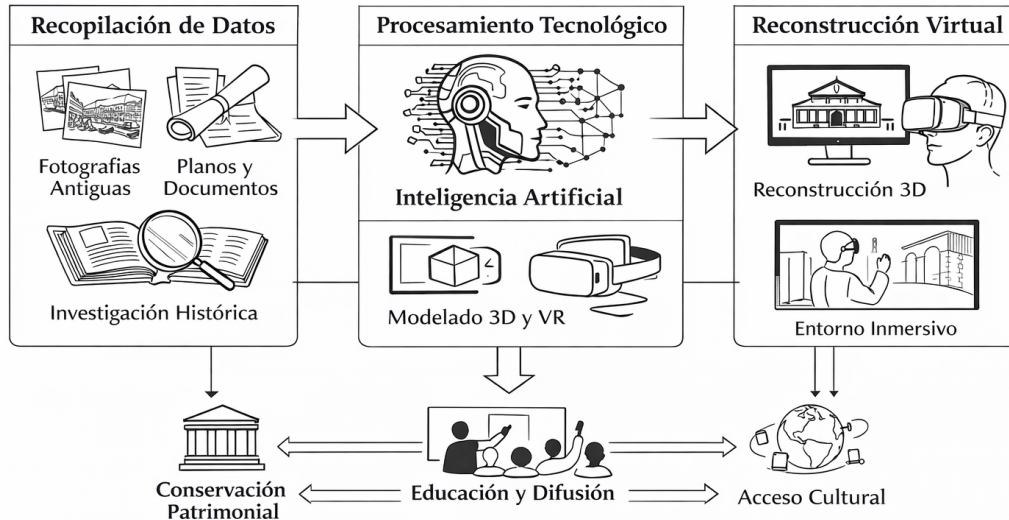


Figura 1: Estructura general de funcionamiento de RVivum.

La Figura 1 ilustra la estructura general de funcionamiento del proyecto RVivum y las distintas etapas que conforman su proceso de reconstrucción digital patrimonial. En una primera fase, se lleva a cabo la recopilación de datos históricos, la cual considera fuentes como fotografías antiguas, planos arquitectónicos, documentos históricos y procesos de investigación documental. Esta etapa resulta fundamental para garantizar la fidelidad histórica de la reconstrucción y establecer una base de información confiable.

Posteriormente, los datos recopilados son sometidos a un proceso de tratamiento tecnológico, donde se integran técnicas de Inteligencia Artificial y herramientas de modelado 3D. La Inteligencia Artificial cumple un rol clave en la interpretación, organización y optimización de la información, facilitando la generación de modelos tridimensionales coherentes a partir de registros incompletos o deteriorados. En paralelo, el modelado 3D permite materializar digitalmente las estructuras patrimoniales, asegurando precisión geométrica y coherencia visual.

Finalmente, los modelos generados son integrados en un entorno de Realidad Virtual, dando lugar a una experiencia inmersiva que permite al usuario interactuar y recorrer el patrimonio reconstruido. Esta etapa no solo posibilita la visualización del bien patrimonial, sino que también amplía sus aplicaciones en ámbitos como la educación, la difusión cultural y la conservación patrimonial. De esta forma, RVivum establece un flujo de trabajo integral que conecta tecnología, patrimonio y experiencia de usuario, contribuyendo a una estrategia moderna y sostenible de preservación digital.

2.3. Metodología Scrum

Scrum es un marco de trabajo ágil basado en la colaboración, la estipulación de una fecha límite y la mejora continua, especialmente adecuado para proyectos complejos que requieren planificación profunda. Scrum se organiza en ciclos llamados sprints, donde el equipo se enfoca en un conjunto específico de tareas, que se desarrollan, prueban y entregan en un tiempo limitado (generalmente entre 1 y 4 semanas). Al final de cada sprint, se realiza una revisión para evaluar los resultados y una retrospectiva para identificar áreas de mejora, lo que permite ajustar el proceso y optimizar la calidad del trabajo de manera iterativa. Este enfoque es ideal

para RVivum, ya que la reconstrucción digital del patrimonio mediante tecnologías como Realidad Virtual e Inteligencia Artificial requiere constante exploración y adaptación a nuevas herramientas. La posibilidad de ajustar el rumbo del proyecto a medida que se identifican nuevos desafíos técnicos o las expectativas de los usuarios evolucionan es esencial para el éxito del proyecto, como también lo señala Highsmith (2013) [6], quien destaca la importancia de la flexibilidad en entornos de desarrollo dinámicos y complejos.

El proceso ágil de Scrum está basado en el concepto de iteración, lo que permite a los equipos entregar avances parciales y funcionales de manera continua. Esta estructura facilita el feedback continuo, tanto del equipo como de los usuarios finales, lo que garantiza que las soluciones desarrolladas estén alineadas con las necesidades reales del proyecto. Según Poppendieck & Poppendieck (2003) [8], la capacidad de adaptación es clave en proyectos adaptativos, donde los requisitos y el enfoque pueden cambiar rápidamente debido a la naturaleza dinámica del entorno. En RVivum, esto se traduce en la capacidad de hacer ajustes rápidos durante cada ciclo de trabajo, ya sea en los modelos 3D generados por la IA, en las experiencias de RV o en el proceso de digitalización, asegurando que el resultado final sea lo más adecuado para las necesidades de conservación y accesibilidad del patrimonio cultural.

La mejora continua también es un principio fundamental de Scrum, ya que permite al equipo evaluar el desempeño del proyecto de manera constante, identificar obstáculos y realizar mejoras en tiempo real. Esto es especialmente valioso en proyectos innovadores como RVivum, donde la experimentación con tecnologías de vanguardia, como la IA para la generación de modelos 3D, requiere una constante evolución del proceso de desarrollo. La metodología ágil permite que el equipo aprenda y se ajuste rápidamente a lo largo del proyecto, mejorando tanto la calidad de los resultados como la eficiencia del proceso. A través de los ciclos de feedback y las retrospectivas, el equipo podrá ajustar las prioridades y los enfoques de trabajo, garantizando que las soluciones implementadas no solo sean técnicamente viables, sino también útiles y efectivas para los usuarios finales.

Con esta estructura, Scrum proporciona un marco sólido para gestionar el desarrollo de RVivum, permitiendo que el proyecto se mantenga flexible, eficiente y adaptado a los cambios en las necesidades del patrimonio histórico chileno. La metodología ágil también garantiza que el proyecto pueda escalar y replicarse en diferentes contextos geográficos y técnicos, adaptándose a la diversidad de monumentos y sitios culturales en Chile, y ofreciendo una solución sostenible y accesible para la preservación digital del patrimonio.

2.4. Metodología Kanban

En el desarrollo del Proyecto, se utilizó un enfoque ágil para gestionar el proyecto, integrando tanto Scrum como Kanban en un proceso dinámico y adaptativo. Después de establecer la metodología Scrum como la estructura principal, se adoptó Kanban como complemento para gestionar el flujo de trabajo de manera más flexible y continua.

Kanban es una metodología ágil que visualiza el flujo de trabajo mediante un tablero, lo que facilita la gestión del proceso de desarrollo, identificando rápidamente cuellos de botella y optimizando la eficiencia. David J. Anderson (2010), en su libro "Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business" [1], resalta cómo esta metodología permite un flujo de trabajo continuo y flexible, donde las tareas se extraen de un backlog y se mueven a través de un tablero de Kanban representando diferentes etapas del proceso, como "Por hacer", "En progreso" y "Completado". Esta visualización y gestión continua del trabajo no solo aumenta la eficiencia, sino que también facilita la adaptación rápida a los cambios y prioridades emergentes.

El principio fundamental de Kanban es la gestión visual del trabajo, lo que facilita la identificación rápida de cuellos de botella, tareas pendientes y los recursos disponibles. A medida que el trabajo avanza, las tareas se mueven a través de las diferentes etapas, lo que mejora la transparencia y la comunicación dentro del equipo. Esta capacidad de visualización continua y la flexibilidad para mover tareas según las prioridades cambiantes permiten a los equipos ajustar su trabajo de manera eficiente.

La adopción de Kanban se justifica por la necesidad de gestionar de manera fluida y adaptativa el proceso de reconstrucción digital del patrimonio histórico. Este tipo de proyectos involucra diversas tareas que requieren una gran flexibilidad, y la constante revisión de resultados. Kanban facilita la gestión de estas tareas al permitir un flujo continuo de trabajo, donde las tareas se asignan y priorizan de acuerdo con la disponibilidad

de recursos y la evolución de las necesidades del proyecto.

En el caso de este proyecto, se opta por utilizar JIRA [3] como herramienta para gestionar el tablero Kanban, lo que permite mantener un control visual del flujo de trabajo. Este enfoque no solo mejora la organización del equipo, sino que también ayuda a identificar rápidamente los obstáculos que puedan ralentizar el progreso, optimizando así los tiempos de entrega y asegurando que cada parte del proyecto avance de manera coherente. A través de Confluence [2], se registran las discusiones y el feedback continuo de las reuniones diarias y las retrospectivas, lo que garantiza que los ajustes realizados en el proceso sean visibles y documentados.

En términos más amplios, Kanban también se alinea con el concepto de trabajo individual con coordinación grupal. Aunque es una metodología que promueve la colaboración grupal, Kanban permite que los miembros del equipo trabajen de manera independiente en tareas específicas, manteniendo siempre la coordinación necesaria para que todo el proyecto avance de manera coherente. Este enfoque ha sido clave, ya que cada miembro del equipo pudo enfocarse en aspectos específicos del proceso, mientras que el tablero Kanban aseguraba que todas las tareas se integraran en el flujo general del proyecto sin desajustes o retrasos significativos.

2.5. Realidad Virtual

La Realidad Virtual (RV) es una tecnología que permite la creación de entornos inmersivos tridimensionales generados por computadora, donde los usuarios pueden interactuar con estos espacios mediante dispositivos como gafas de RV y controladores. Esta tecnología ofrece una experiencia completamente envolvente, permitiendo al usuario sentir que está presente en un espacio virtual, lo que la convierte en una herramienta valiosa para aplicaciones que requieren interacción directa con ambientes tridimensionales.

El funcionamiento de la RV se basa en la combinación de tres componentes clave: visualización, interacción y movimiento. Primero, las gafas de RV muestran imágenes 3D que se actualizan en tiempo real según los movimientos de la cabeza del usuario. Estas imágenes están acompañadas de sonido tridimensional, proporcionando una sensación de inmersión completa en el entorno. La visualización no solo es en 360 grados, sino que también se adapta dinámicamente a la perspectiva del usuario, lo que significa que al mover la cabeza o los ojos, el entorno se ajusta en tiempo real, creando la sensación de estar "dentro" del espacio virtual.

La interacción se logra mediante el uso de controladores de mano, que permiten al usuario manipular objetos o realizar acciones dentro del entorno virtual. Estos controladores son seguidos por el sistema, lo que permite que el usuario realice movimientos naturales, como tomar un objeto, presionar un botón o desplazarse por el espacio virtual. En algunos casos, los usuarios pueden moverse libremente por el entorno, o bien, el sistema puede limitar el movimiento para garantizar la seguridad, dependiendo de la aplicación.

La ventaja clave de la RV es su capacidad para ofrecer una experiencia inmersiva que permite a los usuarios caminar, explorar y aprender sobre estos monumentos sin necesidad de estar físicamente presentes. Esto es particularmente útil en el ámbito de la preservación del patrimonio, donde algunos monumentos están en condiciones de deterioro tan avanzado que ya no pueden ser visitados de manera tradicional, o incluso en casos donde han sido completamente destruidos. Según Mennecart y Edy (2018), la integración de RV con el patrimonio cultural permite una preservación digital interactiva, proporcionando una forma innovadora de "revivir" sitios históricos que ya no están físicamente disponibles. Además, permiten la creación de recorridos virtuales interactivos, ofreciendo una experiencia educativa rica en contexto cultural e histórico (Mennecart & Edy, 2018) [7].

El uso de RV contribuye a un enfoque inclusivo de la preservación digital, permitiendo que tanto a las instituciones como el público general experimenten la historia de manera interactiva y educativa. En este sentido, la RV no solo ayuda a preservar el patrimonio cultural de manera digital, sino que también amplía el acceso a estos monumentos, democratizando la experiencia de explorar la historia y la cultura de lugares que, de otro modo, estarían fuera del alcance del público general. La tecnología ofrece una experiencia de exploración inmersiva que facilita el aprendizaje interactivo y la apreciación de los detalles arquitectónicos, mejorando la comprensión y el valor cultural de los monumentos sin tener que estar en el sitio físico, lo que elimina barreras geográficas, de tiempo y de conservación.

2.6. Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial (IA) se refiere a la capacidad de las máquinas para realizar tareas que normalmente requieren de inteligencia humana, como el reconocimiento de patrones, el aprendizaje, el razonamiento y la toma de decisiones. En términos simples, esta herramienta permite que las máquinas simulen procesos cognitivos humanos, como el aprendizaje y la resolución de problemas, mediante el uso de algoritmos avanzados y modelos matemáticos. Según Russell y Norvig (2016), la IA puede definirse como "el estudio de agentes inteligentes que perciben su entorno y toman decisiones para maximizar sus posibilidades de éxito". [1]

Una de las ramas más destacadas de la IA es el aprendizaje automático (machine learning), que permite a las máquinas aprender de los datos sin ser programadas explícitamente para cada tarea. Este proceso se basa en algoritmos que analizan grandes volúmenes de datos, identifican patrones y utilizan estos patrones para realizar predicciones o tomar decisiones. El aprendizaje profundo (deep learning), una subárea dentro del aprendizaje automático, utiliza redes neuronales artificiales para realizar tareas complejas como el reconocimiento de imágenes, la generación de contenido o la traducción automática. [5].

La historia de la Inteligencia Artificial comenzó en la década de 1950, cuando los primeros investigadores en computación, como Alan Turing, plantearon la idea de máquinas capaces de imitar la inteligencia humana. La famosa prueba de Turing, propuesta por él, evaluaba si una máquina podía generar respuestas indistinguibles de las respuestas humanas, marcando el inicio del campo de la IA.

A lo largo de los años, la Inteligencia Artificial ha evolucionado significativamente, pasando de simples algoritmos de reglas programadas a sistemas avanzados de aprendizaje automático y aprendizaje profundo. En las primeras etapas, la IA se centraba en tareas específicas y limitadas, como la resolución de problemas matemáticos o juegos como el ajedrez. Sin embargo, con el avance de la tecnología de procesamiento de datos y el aumento de la capacidad de almacenamiento y computación, esta herramienta ha alcanzado nuevas fronteras. En las últimas dos décadas, la IA moderna ha logrado avances extraordinarios en áreas como el reconocimiento de imágenes, la comprensión del lenguaje natural y la automatización de procesos complejos.

En el contexto de este proyecto, la Inteligencia Artificial juega un papel fundamental en la recreación de modelos 3D de monumentos históricos. Es utilizada para procesar imágenes, videos y planos de manera eficiente, permitiendo la reconstrucción digital de monumentos que han sufrido daños o destrucción. A través de algoritmos avanzados, la IA puede generar modelos detallados de sitios históricos a partir de imágenes parciales o incompletas, lo que permite recuperar estructuras que ya no existen físicamente.

Uno de los principales beneficios de la IA en este contexto es su capacidad para rellenar información faltante en los modelos 3D. A través del aprendizaje automático, los sistemas pueden identificar patrones en los datos existentes y completar las partes que están faltando. Además, facilita la generación de diferentes ángulos o perspectivas de los monumentos históricos, lo que permite una representación más completa y realista de los sitios en el entorno virtual.

La Inteligencia Artificial también se utiliza para retocar ángulos o mejorar la calidad de los datos capturados mediante fotografías históricas. Mediante técnicas como la superresolución, los algoritmos pueden mejorar la calidad de las imágenes, haciendo que los detalles que podrían haberse perdido debido a la degradación o la baja resolución sean más nítidos y precisos. Esto es especialmente importante para sitios que ya no existen físicamente, ya que permite reconstruirlos de manera más fiel a su apariencia original.

En términos de velocidad y eficiencia, la IA acelera enormemente el proceso de reconstrucción digital del patrimonio. La automatización de tareas como la corrección de imágenes, la generación de modelos 3D y el relleno de datos faltantes reduce significativamente el tiempo de trabajo y mejora la eficiencia del proyecto. Una de las grandes ventajas de utilizar Inteligencia Artificial es que no es necesario saber modelar en 3D para reconstruir digitalmente un monumento o sitio histórico. A través de técnicas avanzadas de aprendizaje automático, este proceso puede generar modelos 3D detallados a partir de datos incompletos, como fotografías o escaneos parciales, lo que facilita la creación de representaciones precisas sin necesidad de experiencia técnica en modelado. Además, la IA permite representar con gran detalle monumentos históricos incluso cuando no se cuenta con toda la información, utilizando solo imágenes, lo que hace posible reconstruir un lugar tridimensionalmente sin la necesidad de estar físicamente en el sitio ni verlo en persona. Esta capacidad de reconstrucción a partir de imágenes es fundamental para proyectos como RVivum, ya que permite preservar

digitalmente el patrimonio de manera rápida y eficiente, sin las limitaciones físicas que imposibilitan el acceso directo a muchos sitios históricos.

3. Desarrollo del Proyecto

En esta sección se presentan los aspectos clave relacionados con el desarrollo del proyecto, desde la organización del equipo hasta la ejecución de las tareas y la implementación de la metodología ágil adoptada. Se abordarán los roles y responsabilidades dentro del equipo, los cuales son fundamentales para el cumplimiento de los objetivos planteados en cada sprint. Además, se discutirá cómo se gestionan los recursos técnicos, las herramientas utilizadas y la planificación de las actividades mediante ciclos iterativos.

Se profundizará en la organización del trabajo, donde se destacan tanto la planificación de los sprints como las estrategias empleadas para asegurar la eficiencia en el avance del proyecto. También se incluyen los desafíos y obstáculos encontrados durante el desarrollo, así como las soluciones adoptadas para garantizar que el proyecto se mantuviera dentro de los plazos establecidos. Esta sección proporciona una visión detallada del proceso de implementación, permitiendo comprender cómo se gestionó el desarrollo de la reconstrucción digital del patrimonio histórico a través de tecnologías emergentes.

3.1. Roles y Responsabilidades en el Equipo

Un aspecto fundamental en la gestión y organización del proyecto fue la definición de roles dentro del equipo. Esta asignación permitió estructurar el trabajo de manera clara, optimizar la coordinación y asegurar que cada integrante asumiera funciones alineadas con sus fortalezas, intereses y capacidades. El equipo de trabajo estuvo conformado por seis integrantes, y desde el inicio se expuso la necesidad de que uno asumiera el rol de Scrum Master, siendo responsable de facilitar la aplicación de la metodología ágil que se ha descrito a lo largo de este documento. A partir de ello, fue necesario distribuir los cinco puestos restantes considerando las características, habilidades, motivaciones y proyecciones de cada integrante del equipo.

3.1.1. Scrum Master

Inicialmente, el Scrum Master cumple un rol esencial como facilitador del proceso ágil, cuya responsabilidad principal es asegurar que el equipo comprenda y aplique correctamente los principios de Scrum. Esto incluye eliminar obstáculos, guiar las ceremonias (como las dailys, sprint planning, reviews y retrospectivas) y promover un ambiente de colaboración y mejora continua. Además, es importante velar por el flujo ordenado del trabajo, fomentando una comunicación efectiva entre los miembros del equipo y garantizando que la metodología se adapte de manera dinámica a las necesidades cambiantes del proyecto. Desde esta posición, la función principal es mantener la cohesión del equipo, apoyar la planificación estratégica y registrar el avance del proyecto utilizando herramientas como JIRA y Confluence.

Sin embargo, el rol del Scrum Master en un equipo no se limita solo a la organización de las ceremonias o a la gestión de tareas. También es fundamental en el aspecto emocional y psicológico del grupo. Parte de la responsabilidad es evaluar y comprender los estados de ánimo de los miembros del equipo a lo largo del proyecto, tomando en cuenta la iniciativa, actitud, disposición y motivación de cada uno. El objetivo es mantener alta la moral del equipo, motivar a quienes mostraban entusiasmo y ofrecer apoyo a aquellos que experimentaban desmotivación o enfrentaban dificultades. Este enfoque permite que, más allá de los resultados tangibles, el bienestar del equipo es una prioridad, lo cual se traduce en un trabajo más efectivo y armónico.

Además de este aspecto emocional, el Scrum Master debe asegurarse de fomentar una cultura de feedback constante. Se deben crear instancias abiertas de debate y discusión para que, si algún miembro no está de acuerdo con algún aspecto del proyecto o del equipo, este pueda expresarlo de manera constructiva. Siempre se busca mantener un ambiente de respeto mutuo y crítica constructiva, donde las opiniones son bienvenidas, pero siempre con el objetivo de mejorar tanto los procesos como el trabajo colaborativo. Una de las partes

clave de este rol fue la adaptación del equipo al proceso ágil, y de ahí la importancia de la palabra adaptativo en Scrum. La tarea principal no solo es asegurar que los principios ágiles sean aplicados, sino también ser flexible y adaptarse a las dinámicas del grupo. Para ello, es necesario llegar a consensos, entender las diferentes perspectivas de los miembros y adaptarse a lo que sea más conveniente para el bienestar general y el avance del proyecto.

Adicionalmente, se tiene la responsabilidad de asignar tareas a los miembros del equipo, tomando en cuenta sus roles, características, habilidades, deseos y ritmos de trabajo. Esta tarea es especialmente importante, ya que se debe equilibrar las cargas de trabajo de manera que sean equitativas y ajustadas a las capacidades de cada persona. Por ejemplo, algunos miembros del equipo pueden trabajar más rápidamente y pueden asumir tareas más complejas o pesadas, mientras que otros prefieren un enfoque más continuo o un ritmo de trabajo menos intenso. En todos los casos, el objetivo es garantizar que las cargas de trabajo sean sostenibles, sin sobrecargar a ningún miembro, pero manteniendo siempre el rendimiento y la calidad del proyecto. Esto también implica entender que la distribución de tareas no solo depende de la habilidad técnica, sino también de cómo cada miembro se siente cómodo trabajando y cómo sus características personales influyen en su desempeño, la idea es siempre mantener una carga equitativa y consistente a las habilidades de cada uno.

3.1.2. Product Owner

Uno de los roles más relevantes dentro del equipo es el de Product Owner (PO), quien actúa como el principal puente entre el equipo de desarrollo y los stakeholders externos, garantizando que el producto final cumpla con las expectativas del cliente y los objetivos del proyecto. El Product Owner tiene la responsabilidad de definir, priorizar y gestionar el tablero de tareas pendientes, tomando decisiones cruciales sobre qué funcionalidades deben abordarse en cada sprint. Además, asegura que el equipo de desarrollo tenga siempre una comprensión clara del proyecto y que las tareas que se realicen estén alineadas con la visión global del producto.

El PO no solo prioriza las funcionalidades del tablero, sino que también evalúa de manera continua el valor del trabajo realizado, tomando decisiones estratégicas sobre la dirección del proyecto en función de las necesidades cambiantes del cliente. Este rol es esencial para equilibrar las expectativas externas con la capacidad real del equipo, gestionando de manera efectiva los posibles desajustes entre lo que el cliente espera y lo que el equipo puede entregar en cada fase del proyecto. En el contexto de este proyecto, el Product Owner desempeña un papel clave al traducir los requerimientos de preservación patrimonial y las expectativas de la experiencia de usuario en objetivos claros y alcanzables, asegurando que el equipo trabaje con un enfoque común y alineado tanto con el cliente como con la visión general del proyecto.

Adicionalmente, una de las funciones más importantes del PO es mantener la conexión constante con los clientes y los stakeholders, siendo el encargado de agendar reuniones regulares para mantenerlos actualizados sobre el progreso del proyecto y recibir su retroalimentación. Este rol se destaca como la cara visible del proyecto, ya que, en general, los demás miembros del equipo no necesitan comunicarse directamente con el cliente, salvo en casos específicos de cuestiones técnicas que deban resolverse. Debido a esta responsabilidad, el Product Owner debe tener habilidades de comunicación excepcionales y estar muy bien capacitado en habilidades blandas, ya que su labor implica liderar al equipo, motivar a los miembros y asegurarse de que las solicitudes o instrucciones se transmitan de manera clara y efectiva. Un líder natural dentro del grupo, el PO debe ser capaz de gestionar tanto las expectativas del cliente como las capacidades internas del equipo, asegurando un flujo de trabajo sin fricciones y manteniendo el proyecto encaminado hacia su éxito.

3.1.3. Encargado de Tecnologías

Un rol imprescindible dentro de la metodología es el Encargado de Tecnologías, quien asume la responsabilidad de liderar los aspectos técnicos más especializados del proyecto. Dado que RVivum involucra tecnologías poco tradicionales en el desarrollo de proyectos informáticos como Realidad Virtual, Inteligencia Artificial y modelado 3D, esta figura debe poseer una sólida comprensión técnica de estas herramientas avanzadas, así como la capacidad de investigar, evaluar y seleccionar las herramientas adecuadas para optimizar la implementación y el rendimiento del sistema.

El Encargado de Tecnologías tiene una función esencial en el proceso de tomar decisiones técnicas críticas para asegurar la viabilidad y efectividad de las soluciones implementadas. Esto implica asesorar al equipo sobre las mejores prácticas en el uso de tecnologías emergentes, validando la factibilidad de las funcionalidades propuestas en función de las limitaciones y capacidades del sistema, y asegurándose de que las tecnologías empleadas sean las más adecuadas para alcanzar los objetivos del proyecto. También actúa como referente técnico cuando surjan dudas sobre los aspectos más complejos, guiando al equipo en la resolución de problemas y en la integración de tecnologías innovadoras como el motor 3D para el desarrollo en Realidad Virtual y la reconstrucción digital del patrimonio.

Además, este rol también implica la gestión de los recursos técnicos, asegurándose que las herramientas utilizadas sean compatibles entre sí, funcionen de manera fluida y puedan ser escalables a medida que el proyecto avanza. La constante evaluación de nuevos enfoques y la adaptación a las necesidades del proyecto son fundamentales para garantizar que el proyecto no solo cumpla con los estándares técnicos, sino que también proporcione una experiencia de alta calidad para los usuarios y alcance los objetivos de preservación cultural establecidos.

3.1.4. Encargado de Testing

A diferencia de los roles previamente descritos, que poseen responsabilidades continuas durante todo el desarrollo del proyecto, existen funciones que, si bien tienen un propósito específico, no ocupan el 100 % del tiempo del integrante. Este es el caso del Encargado de Testing, cuyo rol va adquiriendo cada vez mayor relevancia a medida que avanza el proyecto. En las primeras etapas, este integrante colabora al igual que el resto del equipo en tareas generales, tales como el apoyo en la construcción de modelos 3D, interfaces y elementos que mejorarían la experiencia del usuario dentro del entorno virtual. Sin embargo, tras la finalización de los primeros sprints, su responsabilidad comienza a concentrarse de manera progresiva en la verificación y validación de las funcionalidades desarrolladas.

En cuanto a sus responsabilidades, el Encargado de Testing asume un rol crucial en la verificación y validación de cada componente del sistema, realizando pruebas exhaustivas para asegurarse de que todos los aspectos del proyecto funcionen de manera óptima. Entre sus principales funciones, se incluye la evaluación de las escenas, modelos 3D, interacciones en realidad virtual, navegación, iluminación y rendimiento del entorno virtual, asegurando que todos los elementos se comporten de acuerdo con las especificaciones establecidas. Además, el Encargado de Testing debe identificar y detectar errores, inconsistencias o comportamientos inesperados que puedan surgir durante la experiencia, y documentar y reportar estos hallazgos de manera clara y priorizada al equipo de desarrollo, lo que facilita una rápida iteración y corrección de los problemas encontrados. Un aspecto clave de su labor es verificar la compatibilidad entre el entorno de desarrollo y el dispositivo de realidad virtual, garantizando que las experiencias virtuales sean fluidas y sin fallos técnicos al trasladarse del entorno de desarrollo al dispositivo real. Además, se encarga de asegurar que la experiencia de usuario dentro del entorno inmersivo sea óptima, evaluando la fluidez, comodidad, claridad visual y usabilidad, con el fin de garantizar una interacción intuitiva y agradable para los usuarios. Finalmente, también tiene la responsabilidad de validar las nuevas funcionalidades antes de su aprobación final e integración al proyecto, asegurándose de que cada nueva característica se ajuste a los requisitos técnicos y de calidad necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

El rol del Encargado de Testing se vuelve especialmente protagónico en las etapas finales del proyecto, cuando las tareas dejan de enfocarse en grandes implementaciones para centrarse en correcciones, ajustes, mejoras incrementales y actualizaciones menores. Durante los sprints finales, la mayor parte de su tiempo se destina a realizar pruebas exhaustivas de todas las funcionalidades presentes en la plataforma, asegurando que cada una de ellas opere correctamente bajo las condiciones reales de uso. Su participación se vuelve indispensable, cada vez que un integrante desarrolla una nueva característica o modifique una existente, es obligatorio recurrir a él para verificar su correcto funcionamiento y determinar si es necesario iterar nuevamente o aprobar la implementación.

3.1.5. Encargado de Diseño

El Encargado de Diseño en el contexto de esta metodología asume la responsabilidad de garantizar que todos los aspectos visuales del proyecto sean atractivos, prolijos y funcionales. Su rol principal se centra en la interfaz de usuario, asegurando que la experiencia visual sea intuitiva y agradable para los usuarios, con un diseño que favorezca la navegación dentro del entorno de Realidad Virtual. Este integrante también se encarga de hacer ajustes constantes en la apariencia de la interfaz para que sea coherente con la estética del proyecto, asegurando que las texturas, colores y elementos visuales estén bien integrados y sean agradables a la vista, sin comprometer la calidad visual general. Su enfoque es lograr un equilibrio entre la estética y la funcionalidad, velando por que el diseño sea lo suficientemente atractivo para el usuario, pero también lo suficientemente claro y eficiente para que la interacción con la plataforma sea fluida.

Aunque este rol tiene un enfoque primordial en la interfaz gráfica y los aspectos visuales, como ocurre con otros roles dentro del equipo, el encargado de diseño también colabora en diferentes aspectos del desarrollo, como el modelado 3D y la generación de texturas. En muchas ocasiones, ayuda en la creación y modificación de modelos 3D y la generación de texturas para los entornos y objetos dentro del espacio virtual. Si bien su tarea principal es supervisar y mejorar la calidad visual del proyecto, también tiene que asegurarse de que los modelos y texturas sean de una calidad aceptable, sin sobrecargar el sistema con detalles que pueda afectar el rendimiento, especialmente en un entorno de Realidad Virtual, donde la fluidez y el rendimiento son factores clave para una experiencia cómoda y sin mareos.

Un desafío constante para el encargado de diseño es encontrar el equilibrio entre calidad visual y rendimiento. Si bien una mayor calidad visual implica más detalles, más vértices en los modelos y texturas de mayor resolución, esto puede comprometer el rendimiento de la aplicación, especialmente cuando se trabaja con hardware limitado o en entornos de RV. Por tanto, uno de los objetivos clave de este rol es optimizar el diseño visual, asegurando que las texturas y los modelos mantengan un nivel adecuado de detalle sin sobrecargar el sistema y afectando la experiencia del usuario.

A medida que avanza el proyecto, el Encargado de Diseño va perfeccionando su enfoque, aprendiendo a tomar decisiones más informadas sobre el compromiso entre estética y rendimiento, algo fundamental en un proyecto de la envergadura de RVivum. Su papel es esencial para asegurar que la interfaz de usuario no solo sea funcional y efectiva, sino también visualmente atractiva, lo que contribuye a que la plataforma final sea tanto estéticamente agradable como fácil de usar.

3.1.6. Encargado de Comunicación y Marketing

El Encargado de Comunicación y Marketing desempeña un rol fundamental en la visibilidad y posicionamiento del proyecto, aunque su tarea es distinta a la de los roles más técnicos dentro del equipo. Como los otros miembros, también ayuda en el desarrollo del proyecto y en lo que sea necesario para asegurar el avance de este, su responsabilidad principal es hacer llegar la propuesta de valor al público, ya sea a clientes, usuarios finales o a una audiencia más general interesada en el área de la preservación digital del patrimonio.

Este rol, al ser más externalizado y centrado en la comunicación, es el que más se diferencia de las funciones tradicionales de los proyectos tecnológicos. Su tarea principal consiste en alimentar y hacer crecer las redes sociales del equipo. Para ello, gestiona las cuentas de Instagram, YouTube, LinkedIn y la página web, creando contenido visual y textual que refleje el trabajo realizado y el propósito del proyecto. Esto incluye la creación de posts, historias, videos y actualizaciones regulares, que mantengan a la audiencia informada sobre los avances y la visión del proyecto.

Uno de los aspectos más cruciales del rol es el desarrollo de una identidad de marca sólida para el proyecto. La construcción de esta identidad visual y conceptual es esencial para que el proyecto se perciba como algo moderno, pero al mismo tiempo tenga una conexión auténtica con las raíces culturales y el patrimonio chileno. La idea es transmitir un enfoque amigable y accesible, tanto en el ámbito educativo como en la comunicación general del proyecto, alineándose con la idea de conectar la tecnología con la cultura chilena de una forma más cercana y atractiva para la audiencia.

El enfoque principal del encargado de marketing es no solo atraer atención, sino también educar y fomentar

el aprendizaje sobre el proyecto en cuestión. Cada publicación, video o historia compartida tenía como propósito informar a la audiencia sobre el trabajo que se está realizando, mientras mantiene una narrativa coherente con la temática de preservación cultural y el uso de tecnologías emergentes. Esta estrategia de comunicación permite que el proyecto no solo tenga visibilidad, sino que también logre crear una comunidad interesada y comprometida con la misión del equipo.

3.2. Requerimientos Técnicos y Modalidad de Trabajo

En cuanto a los requerimientos técnicos para desarrollo del proyecto que involucra tecnologías avanzadas como la Realidad Virtual, es esencial contar con computadoras de gran capacidad gráfica que puedan soportar los motores gráficos utilizados para ejecutar las simulaciones en RV. La optimización en los lentes de RV es otro tema que debe ser considerado, pero es indiscutible que se requieren recursos adecuados para llevar a cabo este tipo de proyectos.

En un entorno de trabajo profesional, se recomienda que cada integrante del equipo cuente con una computadora potente y, si es posible, uno o dos pares de lentes de realidad virtual, preferentemente de última generación. Además, para el proceso de testing, sería ideal contar con un televisor para proyectar la experiencia de los lentes y un sofá o espacio cómodo para los testers, de manera que puedan realizar sus pruebas con comodidad. En cuanto a la infraestructura básica de la oficina, se recomendaría también contar con escritorios, monitores, hardware y sillas ergonómicas, lo que proporcionaría un ambiente adecuado para un desarrollo eficiente.

Sin embargo, durante el desarrollo de este proyecto de manera personal, el equipo no contó con esta infraestructura profesional. En su lugar, el trabajo se realizó desde los hogares de los integrantes y se adoptó una modalidad remota, que también resulta ser efectiva. Esta modalidad es una opción viable para proyectos como este, pero es crucial contar con un canal de comunicación estable para asistir a las reuniones. Idealmente, los miembros del equipo deben tener acceso a cámaras y micrófonos para garantizar una comunicación fluida durante las reuniones. El correo electrónico se utiliza para el ámbito más formal y administrativa, como la comunicación con los clientes. Por otro lado, para una comunicación más ágil y rápida dentro del equipo, se puede utilizar canales de comunicación más triviales como WhatsApp, lo que permite un flujo constante de información y coordinación, siempre y cuando el equipo esté de acuerdo con esta iniciativa.

A pesar de que el trabajo remoto funciona bien, se recomienda realizar al menos una o dos reuniones presenciales a la semana. Las reuniones presenciales son especialmente valiosas para discutir los requerimientos del proyecto de manera más cercana y fomentar una mejor interacción entre los miembros del equipo. Aunque el trabajo remoto es cada vez más común en el entorno profesional actual, la presencialidad sigue siendo una excelente opción para generar acercamiento personal y fortalecer la dinámica de equipo.

3.3. Organización, Planificación y Gestión del Proyecto

A continuación, se describe la estructura organizativa del equipo y los procesos de planificación utilizados para garantizar el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Se detallan los métodos de gestión adoptados, como la asignación de roles y responsabilidades, la organización temporal mediante sprints y la planificación de tareas, así como las estrategias para asegurar la correcta ejecución y el seguimiento del progreso.

3.3.1. Estructura Temporal y Planificación de Sprints

En el caso de este proyecto, es estructurado en tres sprints principales más un PMV (Producto Mínimo Viable) inicial, cada uno con una duración estimada entre tres y cinco semanas. Esta planificación temporal resulta adecuada según la experiencia adquirida durante el desarrollo, ya que permite distribuir el trabajo de manera equilibrada y mantener un ritmo constante de avance. El PMV es una etapa clave, pues corresponde al sprint orientado a la exploración tecnológica, durante el cual el equipo se familiariza con las herramientas y define las bases técnicas del proyecto, especialmente en lo referente al uso de Realidad Virtual, Inteligencia Artificial y los motores de desarrollo.

A lo largo del proyecto se desarrollan tres escenarios de reconstrucción patrimonial, logrando en promedio un progreso equivalente a un escenario por sprint, es decir, aproximadamente un mes de trabajo por patrimonio reconstruido. Sin embargo, se optó por un enfoque diferente al lineal, en lugar de completar un escenario por sprint, se trabaja de manera simultánea en los tres. Este enfoque implica avanzar gradualmente en cada uno de ellos en paralelo y culminarlos de manera conjunta durante el último sprint. Esta experiencia permite demostrar que ambos métodos de planificación son funcionales, es posible completar escenarios de manera secuencial o simultánea, dependiendo de la estrategia y de las necesidades del equipo.

La experiencia adquirida ofrece claridad respecto a los tiempos de desarrollo. Con un equipo experimentado y roles bien definidos, es viable reconstruir un escenario por mes o varios en paralelo, considerando que el tiempo total aumentará proporcionalmente al número de escenarios trabajados al mismo tiempo. Por ejemplo, si se desarrollan cuatro escenarios en simultáneo, la duración estimada del proyecto sería de cuatro meses, siempre que se mantengan ritmos de trabajo similares a los del proyecto actual.

Es importante considerar que estos tiempos son válidos para un equipo con experiencia previa y familiaridad con las herramientas utilizadas en RVivum. Para un equipo nuevo, los plazos podrían variar significativamente en función de las habilidades técnicas, la curva de aprendizaje, la cohesión interna y el nivel de dominio de las tecnologías involucradas. No obstante, la planificación aplicada en este proyecto proporciona una base sólida para estimar tiempos y organizar futuros desarrollos de reconstrucción patrimonial digital.

3.3.2. Ciclo de Reuniones Scrum: Planificación, Revisión y Retrospectiva

Reuniones Dailys

Las reuniones dailys son un componente clave en la metodología Scrum, y su propósito es mantener al equipo alineado mediante un breve informe diario sobre el progreso de las tareas, los obstáculos encontrados y las actividades planificadas para el día siguiente. Inicialmente, en el contexto de este proyecto, las reuniones eran diarias, como indica la metodología, pero dado que todos los miembros del equipo eran estudiantes y no podían dedicar el 100% de su tiempo al proyecto, a veces no todos podían asistir. Además, las reuniones eran muy breves, de 5 a 10 minutos, ya que en algunas ocasiones no había avances significativos. Ante esta situación, se decide adaptar la frecuencia de las reuniones, donde se acordó realizar las dailys tres veces a la semana: los Lunes, Miércoles y Viernes, con una duración aproximada de 15 a 20 minutos. La estructura de estas reuniones era la siguiente:

- Lunes: Planificación de la semana.
- Miércoles: Revisión de los avances a mitad de semana.
- Viernes: Cierre de la semana y revisión de los últimos avances.

Este ajuste funciona bien en el contexto del equipo, pero, en un entorno de trabajo más formal y con jornada laboral de 8 horas diarias, la experiencia indica que las dailys podrían seguir realizándose, pero con una ligera modificación: tres reuniones semanales, pero con una duración aproximada de 30 minutos. De esta forma, las reuniones seguirían la misma estructura de planificación, revisión y cierre, pero con un espacio para profundizar un poco más en los avances y los obstáculos, promoviendo una mayor interacción y retroalimentación entre los miembros del equipo.

Sprint Planning, Reviews y Retrospectivas

Dentro de la metodología Scrum, las Sprint Planning, Sprint Review y Sprint Retrospective son reuniones fundamentales para el progreso del proyecto. La Sprint Planning es una reunión que se lleva a cabo al comienzo de cada sprint, donde se define qué se va a trabajar durante el ciclo y se establece el objetivo del sprint. En la Sprint Review, al final de cada sprint, se presenta el avance realizado al cliente o stakeholders, permitiendo recibir su retroalimentación directa. Finalmente, la Sprint Retrospective es la reunión posterior al sprint, donde el equipo reflexiona sobre lo que funcionó bien, lo que no, y las áreas en las que se puede mejorar.

Esta reunión también permite identificar qué prácticas deben mantenerse y cuáles deben ser ajustadas en el siguiente ciclo.

Cada una de estas reuniones es esencial para el éxito del proyecto y del equipo. Aunque las Sprint Planning y Sprint Reviews se realizan al inicio y final de cada sprint respectivamente, la Sprint Retrospective también se lleva a cabo al cierre de cada sprint, asegurando que el equipo pueda reflexionar y aplicar mejoras continuas. Estas reuniones son claves para el crecimiento tanto del proyecto como del equipo, ya que permiten identificar áreas de mejora, ajustar el enfoque de trabajo y asegurar que todos los miembros se mantengan alineados con los objetivos.

Es fundamental que todas estas reuniones se realicen puntualmente y de acuerdo con el calendario establecido. No deben ser omitidas ni simplificadas, ya que cada una de ellas cumple una función crítica en la planificación, evaluación y mejora continua del trabajo realizado. Saltarse cualquiera de estas reuniones puede llevar a la pérdida de coherencia en los objetivos del proyecto, una falta de retroalimentación o alineación con los stakeholders, y la incapacidad de identificar áreas de mejora para optimizar el rendimiento del equipo. En este proyecto, todas estas reuniones fueron realizadas de manera puntual y estratégica, lo que ayudó a mantener la dinámica de trabajo eficiente y efectiva a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

3.4. Ejecución y Desarrollo del Proyecto

En esta sección se presenta la puesta en marcha del proyecto, cubriendo la implementación práctica de la metodología ágil y el desarrollo de los componentes del sistema. Se exploran las fases de trabajo, el uso de herramientas colaborativas, y la ejecución de tareas clave, además de los retos técnicos enfrentados y las soluciones adoptadas para avanzar de manera eficiente en la creación de la reconstrucción digital del patrimonio.

3.4.1. Trabajo Mediante Ramas

La incorporación de los avances realizados durante el desarrollo del proyecto se lleva a cabo mediante un esquema de trabajo por ramas, lo cual resulta fundamental para asegurar un flujo de trabajo ordenado y colaborativo. Tal como se mencionó previamente, el proyecto se desarrolla bajo un enfoque basado en Scrum y Kanban, utilizando herramientas como Jira y Confluence para la asignación, seguimiento y documentación de las tareas. Sin embargo, dado que el desarrollo se realiza directamente sobre un motor gráfico, es necesario complementar esta organización con un mecanismo que permitiera a cada integrante avanzar de manera independiente sin generar conflictos o dependencias innecesarias entre los avances del resto del equipo.

Para abordar este desafío, se opta por utilizar un sistema de control de versiones basado en ramas, aprovechando las capacidades que ofrece Unity [15] como motor de desarrollo. Si bien no es estrictamente obligatorio utilizar este motor gráfico, en el contexto del proyecto se eligió Unity debido a que proporciona una solución robusta para el trabajo colaborativo mediante Unity DevOps Version Control, integrado dentro de Unity Cloud [16]. Esta herramienta permitió gestionar de manera centralizada el versionamiento del proyecto, facilitando la creación, fusión y control de cambios realizados por los distintos miembros del equipo.

Durante el desarrollo del proyecto se experimentaron diversas estrategias de trabajo por ramas, sin que se identificara una única solución universalmente superior. En la práctica, la eficiencia del esquema de ramificación depende en gran medida de las dinámicas del equipo, su nivel de experiencia y la claridad en la asignación de tareas. A través de un proceso de prueba y error, se va ajustando la forma de trabajar hasta encontrar una estructura que resulte comprensible y manejable para todos los integrantes. Esta experiencia evidencia que un mal uso del sistema de ramas puede derivar en conflictos de fusión, errores o incluso pérdida de trabajo, por lo que su correcta gestión es crítica.

La responsabilidad de crear, fusionar, eliminar y organizar las ramas, así como de asignar cargas de trabajo y coordinar los momentos de integración, recaía principalmente en el Scrum Master. Por esta razón, este rol requirió una preparación previa y un conocimiento sólido del sistema de control de versiones, ya que una gestión incorrecta podría afectar negativamente el desarrollo del proyecto. La centralización de estas decisiones permite reducir riesgos y mantener un control coherente del estado del proyecto.

En cuanto a la estructura de ramas utilizada, se considerarán distintas aproximaciones. Una de las más comunes en proyectos informáticos consiste en mantener una rama principal (main) que contiene la versión estable del proyecto, una rama de desarrollo, una rama de pruebas, y ramas específicas por funcionalidad, donde cada integrante trabaja de manera aislada. No obstante, en el contexto de RVivum, se adopta una variante de este enfoque, dividiendo las ramas no por funcionalidad, sino por componentes del proyecto, tales como el menú, la estructura principal del patrimonio, el interior y el exterior del escenario.

Este enfoque permite que los integrantes trabajen de manera individual y paralela, sin depender directamente del avance de los demás, pero manteniendo visibilidad sobre el progreso del resto del equipo. De esta forma, si dos personas trabajan en áreas relacionadas, pueden revisar los avances mutuos y coordinar ajustes de manera anticipada. No obstante, se pone especial énfasis en evitar cruces innecesarios entre ramas que afecten el mismo sector del escenario, ya que esto podría generar conflictos de replicación y dificultades durante la fusión de cambios.

En síntesis, el trabajo mediante ramas es un componente esencial para garantizar la organización, escalabilidad y seguridad del desarrollo colaborativo. La correcta definición de la estrategia de ramificación, junto con una gestión centralizada y consciente, permite al equipo avanzar de manera eficiente, reducir errores y mantener la estabilidad del proyecto a lo largo de su ciclo de desarrollo.

3.4.2. Trabajo por Roles

El trabajo por roles es un elemento clave en la puesta en marcha del proyecto y en la definición de una metodología eficiente para la reconstrucción digital de patrimonios. Si bien el método que se describe a continuación no fue aplicado de forma inmediata desde el primer sprint, sino que evolucionó progresivamente a partir de la experiencia, la experimentación y la retroalimentación del equipo, su versión final permitió establecer un flujo de trabajo claro, replicable y adaptable a distintos escenarios patrimoniales. Esta metodología emergente se consolida como una de las formas más eficientes de abordar la reconstrucción digital utilizando Inteligencia Artificial y Realidad Virtual, considerando tanto la calidad visual como las restricciones de rendimiento propias de este tipo de aplicaciones.

En una primera etapa, uno de los roles se debe enfocar exclusivamente en la experiencia del usuario dentro del entorno de realidad virtual, abarcando el diseño y configuración del tutorial inicial, la interacción con los controles y lentes, y la navegación general del sistema. Esta labor incluye la implementación de elementos de UI/UX, entendidos como los componentes visuales y de interacción que permiten al usuario comunicarse con el sistema de manera intuitiva y cómoda. Dentro de esta responsabilidad se encuentra el desarrollo de menús interactivos que permitan, por ejemplo, pausar la experiencia, ajustar el volumen ambiental, regresar a un lobby principal o acceder a un tutorial explicativo sobre el uso de los controles y el visor de realidad virtual. Idealmente, esta tarea debe ser asumida por el Encargado de Diseño, con apoyo constante del Encargado de Testing, ya que ambos roles deben probar, calibrar y refinar continuamente la interacción para asegurar una experiencia inmersiva fluida, cómoda y no frustrante. En algunos casos, este trabajo puede derivar en la creación de un lobby inicial donde el usuario pueda familiarizarse con los controles antes de comenzar el recorrido patrimonial.

Una vez cubiertos estos dos roles, el siguiente paso consiste en abordar la reconstrucción estructural del patrimonio, centrada exclusivamente en la fachada y las paredes interiores, sin incluir elementos decorativos ni mobiliario. Esta responsabilidad recae principalmente en el Encargado de Tecnologías, debido a su mayor dominio de herramientas de Inteligencia Artificial y modelado 3D. El enfoque de reconstrucción varía según el tamaño del escenario. En estructuras de tamaño mediano o pequeño (aproximadamente hasta 70×70 metros), es mejor optar por reconstruir el modelo completo en una sola pieza. En estructuras mayores (superiores a 100×100 metros), conviene una estrategia de particionado por sectores o habitaciones para facilitar el trabajo y reducir la complejidad.

El proceso de reconstrucción comienza con la recopilación y preparación de la información visual disponible. Para ello, en este proyecto se utilizaron herramientas de Inteligencia Artificial orientadas a mejorar la calidad, nitidez y perspectiva de las imágenes, priorizando fotografías frontales, laterales y posteriores claras, evitando ángulos oblicuos o distorsionados. Una vez optimizado este material, se emplearon herramientas especializadas en reconstrucción tridimensional asistida por IA, como Tripo Studio [13] y Tencent Hunyuan

3D [12]. Estas plataformas permiten generar modelos 3D a partir de múltiples imágenes, ofreciendo parámetros relevantes como la cantidad de vértices del modelo aspecto crítico para el rendimiento en realidad virtual y la inclusión o no de texturas. Este proceso no se realiza en una sola iteración, sino que requiere múltiples pruebas hasta obtener un modelo base suficientemente satisfactorio para continuar.

Es importante destacar que estas herramientas no reemplazan completamente el modelado manual. Una vez obtenido un modelo preliminar adecuado, este debe ser refinado utilizando software de modelado 3D tradicional, particularmente Blender [4], donde se corrigen imperfecciones, se ajustan proporciones y se optimizaba la geometría final. Este paso resulta fundamental para alcanzar un equilibrio entre fidelidad visual y rendimiento.

Paralelamente, el resto del equipo incluyendo al Product Owner, Scrum Master y Encargado de Marketing colaboran en la construcción de los espacios interiores o exteriores del patrimonio, distribuyendo el trabajo de forma estratégica. Se procura asignar responsabilidades diferenciadas, de modo que una persona se encargará principalmente del interior, otra del exterior y una tercera cumpliera funciones de apoyo en áreas donde se detectan retrasos. Durante las primeras semanas, este trabajo se realiza de manera relativamente independiente, ya que la escena final aún no se encuentra completamente unificada dentro del motor gráfico. En esta etapa, los integrantes del proyecto avanzaban en la creación de modelos y detalles sin posicionarlos de forma definitiva, lo que permite ganar tiempo mientras la estructura principal se consolida.

En las fases finales del sprint, una vez integrados los distintos componentes en el motor 3D, el trabajo se debe centrar en la unificación del escenario, la validación de escalas, el ajuste de texturas, la densidad de objetos y otros aspectos visuales que enriquecen la experiencia. Esta etapa es clave para evaluar el impacto de decisiones como la cantidad de vértices, la saturación visual y el rendimiento general del entorno, aspectos especialmente críticos en aplicaciones de realidad virtual.

Finalmente, la duración del proceso de reconstrucción depende directamente del tamaño y complejidad del patrimonio. En escenarios pequeños o medianos, el tiempo estimado es de aproximadamente cuatro semanas, mientras que en estructuras más grandes el proceso puede extenderse entre seis y ocho semanas. No obstante, más allá de los tiempos específicos, lo relevante es la consolidación de una distribución clara de tareas por roles, que permita avanzar de forma paralela, reducir cuellos de botella y mejorar progresivamente la eficiencia del proceso de reconstrucción digital.

3.5. Dificultades y Obstáculos en el Desarrollo

Durante el desarrollo del proyecto pueden surgir diversas dificultades y obstáculos que influyen tanto en la organización del trabajo como en los aspectos técnicos del sistema. Uno de los primeros problemas identificados en este caso estuvo relacionado con la gestión de las ramas de trabajo, particularmente en las etapas iniciales del proyecto. La inexperiencia en la creación y unificación de ramas, especialmente al momento de realizar fusiones, puede generar conflictos complejos si no existe una comunicación clara con el equipo. En estos casos, resulta fundamental saber resolver conflictos de versionamiento y decidir correctamente qué cambios conservar. En este proyecto, esta situación se presentó en las primeras etapas y derivó en retrasos en el avance, lo que evidenció la importancia de contar con una persona capacitada para liderar este proceso y de mantener una coordinación constante entre los integrantes.

Otro obstáculo potencial, aunque en el presente proyecto se manifestó de manera limitada, es la aparición de conflictos interpersonales o malentendidos dentro del equipo. Estos se relacionaron principalmente con la asignación de tareas y la frecuencia de las reuniones dailys. Si bien el equipo mostró, en general, una buena disposición, comunicación y compromiso con el proyecto, surgieron en algunos momentos diferencias de opinión o desmotivaciones puntuales. La principal estrategia para abordar estas situaciones es el diálogo abierto, exponiendo las diferencias de manera respetuosa y buscando acuerdos que privilegiaran el bienestar del equipo y el avance del proyecto, sin desatender los sentimientos y necesidades de los involucrados.

Sin embargo, el obstáculo más relevante durante el desarrollo del proyecto estuvo relacionado con el rendimiento de la aplicación en los lentes de realidad virtual, especialmente considerando que la aplicación debía ejecutarse de forma nativa en el dispositivo, sin apoyo de una computadora externa. Durante los tests realizados en el primer sprint, se detectó que la aplicación presentaba un rendimiento deficiente: la experiencia

se percibía lenta, con retrasos importantes, y el usuario tenía dificultades incluso para desplazarse dentro del entorno virtual. Tras un análisis técnico, se identificó que el principal problema correspondía a la alta cantidad de vértices de los modelos 3D, lo que excedía las capacidades de procesamiento del dispositivo.

La solución adoptada consiste en reconstruir los modelos con una menor cantidad de vértices y, en algunos casos, aplicar el modificador “Decimate” de Blender, cuyo propósito es reducir la complejidad geométrica de los modelos. Si bien esta medida permitió resolver el problema de rendimiento, generó un nuevo desafío, la pérdida de calidad visual, especialmente cuando la reducción de polígonos era excesiva. En estos casos, las texturas pueden verse desplazadas o deformadas, afectando negativamente la apariencia del escenario. Esto obligó al equipo a buscar un equilibrio entre rendimiento y calidad visual, además de explorar otras técnicas de optimización del escenario dentro de Unity, como ajustes de iluminación, simplificación de colisiones y control de objetos visibles.

Finalmente, un factor que influyó en la gestión de este problema fue el momento en que se realizaron los tests más intensivos. Al concentrarse principalmente hacia el final del sprint, el margen de tiempo para corregir errores críticos fue limitado. Esta experiencia puso en evidencia la importancia de que el Encargado de Testing esté disponible de manera continua y no sobrecargado con otras responsabilidades, ya que su rol resulta clave para detectar tempranamente este tipo de problemas. Contar con una validación constante desde etapas iniciales habría permitido identificar y corregir estas dificultades con mayor anticipación, reduciendo la presión en las fases finales del desarrollo.

4. Validación y Análisis de la Práctica

La validación de la propuesta se basa en el cumplimiento de los objetivos establecidos en los sprints, la calidad de la solución final, y la evaluación de la experiencia de los usuarios mediante pruebas de usabilidad. A continuación, se detallan los resultados obtenidos en cada uno de los KPIs más relevantes, así como los hallazgos clave del proceso de validación.

4.1. Cumplimiento de las Historias de Usuario

Uno de los principales indicadores de éxito en el proyecto es el cumplimiento de las Historias de Usuario (HU) definidas al inicio de cada sprint. A lo largo de los tres sprints y el Producto Mínimo Viable (PMV), el equipo completó el 100 % de las HU planificadas, lo que refleja un cumplimiento total de los objetivos establecidos para cada ciclo de trabajo. La finalización de todas las tareas de las HU no solo asegura que se cumplieron los requisitos funcionales del proyecto, sino que también permitió mantener la calidad en cada entrega. Este cumplimiento puede ser verificado en el tablero de Jira, donde se registraron todas las asignaciones y tareas completadas.

4.2. Cumplimiento de los Plazos Estipulados

En cuanto al cumplimiento de los plazos estipulados para cada sprint, el proyecto alcanzó una tasa de éxito del 100 % en el cumplimiento de los plazos establecidos. Cada sprint se completó dentro del tiempo previsto, sin desviaciones significativas, lo que permitió mantener el proyecto en línea con el cronograma original. Este resultado es especialmente relevante en un entorno de trabajo ágil, donde la planificación y la capacidad de adaptación son cruciales para el éxito del proyecto.

La gestión eficiente del tiempo se logró mediante una coordinación efectiva entre los miembros del equipo, el uso de herramientas ágiles como Jira y Confluence para el seguimiento de tareas, y la implementación de reuniones diarias (dailys) y retrospectivas que permitieron ajustar rápidamente cualquier desviación potencial. De esta forma, se aseguró que las tareas se completaran de manera continua y sin interrupciones, y se lograron las entregas de acuerdo con los plazos predefinidos.

4.3. Testing de Usuario

El testing de usuario se llevó a cabo al finalizar el Sprint 2, antes del último sprint, con el objetivo de evaluar la calidad de la experiencia del usuario y validar la efectividad de la solución en términos de usabilidad e interacción. Los resultados del testing de usuario se recopilaron utilizando una escala de puntuación de 1 a 7, y arrojaron los siguientes datos:

Tabla 1: Resultados del testing de usuario que evalúa facilidad de uso y satisfacción general

Nombre	Edad	Ocupación	Facilidad de Uso	Satisfacción General
Vicente Conde	20 años	Estudiante	7	6
Aracelli Davié	22 años	Estudiante	7	6
Renato Letelier	17 años	Estudiante	7	7
Hanse Solar	18 años	Estudiante	7	7
Jocelyn Hidalgo	42 años	Profesora	7	7
Valentina Meriches	30 años	Profesora	7	7
Maria Helena	N/E	Psicóloga	2	1

De esta tabla, se pueden derivar los siguientes puntos clave y análisis, los cuales permiten comprender de manera más detallada los resultados obtenidos y la efectividad de la solución implementada:

- **Facilidad de uso:** El 85 % de los usuarios calificaron la plataforma como "fácil de usar" o "muy fácil de usar" en una escala de 1 a 7, con un promedio de 6.29.
- **Satisfacción general:** Un 85 % de los usuarios expresaron satisfacción con la calidad visual de los modelos 3D y la experiencia inmersiva en Realidad Virtual. El promedio de satisfacción general fue de 5.85 sobre 7.
- **Áreas de mejora:** Aunque la experiencia fue en su mayoría positiva, se identificaron algunos puntos de mejora. Un 15 % de los usuarios mencionaron dificultades para entender ciertos controles del sistema, lo que llevó a realizar ajustes en la interfaz de usuario y a agregar un tutorial más detallado antes de la experiencia inmersiva.

Estos resultados se documentaron y se utilizaron para ajustar el proyecto antes del último sprint, asegurando que la plataforma cumpliera con las expectativas de los usuarios finales. Además, los comentarios recibidos durante las pruebas permitieron realizar ajustes en tiempo real, lo que optimizó la experiencia en las fases finales del desarrollo.

4.4. Documentación y Seguimiento

Para garantizar la transparencia y la trazabilidad del proyecto, todas las actividades fueron documentadas de manera detallada. Además, se realizaron minutas de todas las reuniones, incluyendo las dailys, retrospectivas y revisiones de sprint, las cuales están disponibles en Jira. En esta plataforma, se puede acceder al historial de tareas, asignaciones, comentarios y decisiones tomadas en cada etapa del proyecto.

Para revisar la documentación completa del proyecto, el estado detallado del avance de las tareas y el cumplimiento de las HU, se puede consultar el tablero de Jira [10], donde se incluyen las tareas asignadas y el progreso de estas, además también se encuentran las minutas de las reuniones en el listado de referencias al final de este informe. [9]

5. Buenas Prácticas y Recomendaciones

A continuación, se presentan una serie de buenas prácticas identificadas durante el desarrollo del proyecto, las cuales resultaron cruciales para su avance eficiente y ordenado. Estas recomendaciones no deben interpretarse como un conjunto rígido de reglas, sino como orientaciones flexibles que deben evaluarse según el contexto, la naturaleza del proyecto y las características del equipo. Por lo tanto, la persona encargada de liderar el proyecto desde una perspectiva de planificación debe poseer la capacidad analítica necesaria para determinar en qué medida estas prácticas se aplican o deben adaptarse a nuevas condiciones.

- **Definir roles claros desde el inicio:** Asignar responsabilidades específicas a cada integrante del equipo permite optimizar el flujo de trabajo y reducir ambigüedades. Roles como Scrum Master, Product Owner, Encargado de Tecnologías, Encargado de Diseño o Encargado de Testing deben tener funciones establecidas y comunicadas desde el primer sprint.
- **Mantener reuniones periódicas estructuradas:** Independiente de la modalidad del equipo (remota o presencial), las reuniones recurrentes como dailys, sprint planning, reviews y retrospectivas son esenciales para el orden, la alineación y la mejora continua. Saltarse estas instancias afecta la coherencia del proyecto.
- **Documentar todo el proceso:** El uso de herramientas como Confluence, Notion u otras plataformas garantiza que las decisiones, minutas, acuerdos, retroalimentación y cambios queden registrados. La documentación se vuelve fundamental para evitar confusiones, facilitar el onboarding y permitir trazabilidad del proyecto.
- **Priorización basada en valor:** Organizar el backlog priorizando las tareas según su aporte real al proyecto y no solo según complejidad o preferencia del equipo permite maximizar el impacto de cada sprint, asegurando que el esfuerzo se concentre primero en lo más relevante.
- **Trabajar de forma incremental:** Desarrollar funcionalidades en versiones pequeñas y testearlas rápidamente permite identificar problemas antes de que escalen. En proyectos de RV o IA, donde las herramientas son complejas, esta práctica reduce significativamente los riesgos.
- **Testing continuo en el dispositivo real:** Especialmente en proyectos de Realidad Virtual, es fundamental probar de forma recurrente en el dispositivo final. Lo que funciona en el computador no necesariamente funciona en el visor. Testear temprano permite corregir errores antes de que sean costosos.
- **Mantener comunicación fluida y transparente:** Es importante definir canales de comunicación formales, como el correo electrónico, y, si el equipo lo acuerda, complementar con canales informales como WhatsApp para facilitar la coordinación. Su uso debe ser responsable, evitando interferir en tiempos no laborales y manteniendo un equilibrio entre profesionalismo y agilidad, lo que favorece una comunicación clara y una mejor colaboración dentro del equipo.
- **Establecer un ritmo de trabajo sostenible:** Comprender los ritmos y capacidades de cada integrante evita la sobrecarga y reduce la rotación emocional del equipo. Ajustar las asignaciones según habilidades, disponibilidad y motivación es clave para mantener la productividad y bienestar.
- **Cuidar la calidad visual sin sacrificar rendimiento:** En reconstrucción digital, modelos muy complejos pueden afectar el rendimiento en RV. Mantener un equilibrio entre calidad visual y optimización es fundamental para una experiencia fluida.
- **Fomentar la adaptabilidad:** En este caso Scrum no es una receta rígida, ya que se incorporó con Kanban, los procesos deben adaptarse a la realidad del equipo. Por ejemplo, ajustar la frecuencia de reuniones, redefinir objetivos de sprint o incorporar nuevas herramientas según se requiera.
- **Mantener instancias presenciales estratégicas:** Aunque el teletrabajo funciona, las reuniones presenciales periódicas fortalecen la cohesión del equipo y permiten discutir temas complejos más eficientemente.

- **Evaluar y reflexionar constantemente:** La retrospectiva debe ser honesta y orientada a la mejora continua. Identificar errores sin buscar culpables crea una cultura de aprendizaje que acelera la madurez del equipo.

En síntesis, las buenas prácticas y recomendaciones presentadas en esta sección surgen directamente de la experiencia adquirida durante el desarrollo del proyecto y del proceso de adaptación continua a sus desafíos técnicos, organizativos y humanos. Si bien no constituyen un marco normativo estricto, estas prácticas demostraron ser efectivas para mejorar la coordinación del equipo, optimizar el uso de los recursos disponibles y favorecer la calidad del producto final. Su correcta aplicación depende en gran medida del contexto del proyecto, del grado de madurez del equipo y de la capacidad de liderazgo para evaluar cuándo y cómo implementarlas.

Asimismo, estos aprendizajes permiten identificar puntos de mejora que pueden ser abordados en futuros proyectos similares, especialmente aquellos que integran tecnologías emergentes como la Realidad Virtual y la Inteligencia Artificial, donde la incertidumbre técnica y la necesidad de adaptación son constantes. En este sentido, la adopción consciente y flexible de metodologías ágiles, junto con una cultura de comunicación abierta y mejora continua, se posiciona como un factor clave para el éxito de iniciativas de reconstrucción digital del patrimonio como RVivum, y sienta una base sólida para su replicabilidad y escalabilidad en contextos futuros.

6. Conclusiones

El desarrollo del proyecto RVivum ha permitido explorar y aplicar metodologías ágiles, como Scrum y Kanban, en un entorno colaborativo para la reconstrucción digital de patrimonios históricos. A través de la implementación de ciclos iterativos, se logró un avance significativo en la creación de modelos digitales de monumentos históricos, demostrando que las metodologías ágiles pueden ser altamente efectivas en proyectos complejos y técnicos. Sin embargo, el proyecto también mostró ciertas limitaciones, especialmente en lo que respecta a la capacidad de hardware y la necesidad de optimización de los modelos 3D, lo que afectó el rendimiento en dispositivos de realidad virtual. Estas limitaciones deben ser consideradas al replicar el proyecto en otros contextos o con diferentes recursos.

Las principales contribuciones de este trabajo son la validación de un proceso ágil de reconstrucción digital del patrimonio cultural, la integración de herramientas tecnológicas como la inteligencia artificial y la realidad virtual, y la creación de una metodología adaptable para proyectos de conservación digital. El impacto de los resultados podría ser significativo, no solo en la preservación de patrimonio histórico, sino también en la accesibilidad y educación cultural, al permitir la exploración de monumentos históricos que ya no existen físicamente.

Se recomienda continuar la investigación en la mejora de la optimización de los modelos 3D para su integración en dispositivos de realidad virtual de bajo costo, así como la expansión del uso de la inteligencia artificial en la creación automática de modelos digitales a partir de datos históricos incompletos. Además, futuras investigaciones podrían abordar cómo integrar esta tecnología en plataformas educativas, permitiendo una experiencia interactiva más rica y accesible.

A nivel formativo, este trabajo representó una experiencia enriquecedora, no solo por el aprendizaje técnico en el uso de tecnologías emergentes, sino también por el desarrollo de habilidades en la gestión de proyectos ágiles y en el trabajo colaborativo. La capacidad de adaptarse a nuevas metodologías y herramientas, y la importancia de la iteración constante, han sido aspectos clave que marcarán el enfoque de futuros proyectos en mi carrera profesional.

6.1. Agradecimientos

Me gustaría comenzar expresando mi más sincero agradecimiento a mi familia, especialmente a mis padres, hermano y a todos mis seres queridos, quienes siempre han creído en mí y me han impulsado a seguir

adelante en este largo y desafiante proceso. Un agradecimiento especial a mi novia, Camila, quien ha sido mi principal fuente de apoyo, especialmente en los momentos más difíciles, de mucho estrés y tensión. Su presencia constante ha sido fundamental para mí.

También quiero agradecer a mis amigos cercanos, algunos de los cuales ya no están en este proceso, pero que en su momento fueron una gran fuente de apoyo. A los que siguen a mi lado, gracias por su confianza y por no perder el contacto. Su amistad ha sido clave para mantenerme motivado y enfocado a lo largo de este proceso. Y dedico este trabajo también a la memoria de mis mascotas, cuya compañía incondicional me brindó momentos de calma en los días más difíciles.

Referencias

- [1] David J. Anderson. *Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business*. Blue Hole Press, Silver Spring, MD, 2010.
- [2] Atlassian. Confluence. <https://www.atlassian.com/software/confluence>. Repositorio centralizado para la documentación técnica y gestión del conocimiento del equipo. Accedido en diciembre de 2025.
- [3] Atlassian. Jira. <https://www.atlassian.com/software/jira>. Software de gestión de ciclo de vida de desarrollo basado en marcos de trabajo ágiles. Accedido en diciembre de 2025.
- [4] Blender Foundation. Blender. <https://www.blender.org>. Suite de creación 3D utilizada para el refinamiento de mallas y optimización de polígonos. Accedido en diciembre de 2025.
- [5] Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. *Deep Learning*. MIT Press, Cambridge, MA, 2016.
- [6] Jim Highsmith. *Agile Project Management: Creating Innovative Products*. Addison-Wesley, Boston, MA, 2013.
- [7] S. Mennecart and D. Edy. *Virtual Reality and Cultural Heritage: Techniques and Applications*. Springer, Cham, Switzerland, 2018.
- [8] Mary Poppendieck and Tom Poppendieck. *Lean Software Development: An Agile Toolkit*. Addison-Wesley, Boston, MA, 2003.
- [9] Proyecto RVivum. Minutas de planificación y seguimiento: Sprint 1. Atlassian Confluence Wiki, 2025. Registro de decisiones técnicas y coordinación grupal. Accedido en diciembre de 2025.
- [10] Proyecto RVivum. Tablero de gestión Ágil y seguimiento de tareas (Jira). Atlassian Jira Software, 2025. Repositorio interno del flujo de trabajo del proyecto. Accedido en diciembre de 2025.
- [11] Stuart Russell and Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson, Hoboken, NJ, 2016.
- [12] Tencent. Hunyuan 3d. <https://3d.hunyuan.tencent.com>. Framework experimental para la reconstrucción de modelos tridimensionales a partir de imágenes. Accedido en diciembre de 2025.
- [13] Tripo AI. Tripo studio. <https://www.tripo3d.ai>. Entorno de generación de geometría 3D mediante inteligencia artificial generativa. Accedido en diciembre de 2025.
- [14] UNESCO. Recommendation concerning the preservation and access to documentary heritage including in digital form. <https://www.unesco.org/es/legal-affairs/recommendation-concerning-preservation-and-access-documentary-heritage-including-digital> 2015. Adopted by the General Conference of UNESCO, Paris.
- [15] Unity Technologies. Unity. <https://unity.com>. Motor de desarrollo gráfico para la integración de escenarios virtuales y lógica de interacción. Accedido en diciembre de 2025.



- [16] Unity Technologies. Unity cloud. <https://unity.com/cloud>. Ecosistema en la nube para el control de versiones y gestión de activos digitales. Accedido en diciembre de 2025.