

Revitalización del Patrimonio del Museo Pumapungo mediante Tecnologías Semánticas y Regeneración Digital Asistida por Inteligencia Artificial

Omar G. Bravo-Quezada¹ and Monserrat Tello-Astudillo²

¹ Grupo de Investigación en Cloud Computing, Smart Cities
& High Performance Computing
Universidad Politécnica Salesiana
Cuenca, Ecuador
obravo@ups.edu.ec
www.ups.edu.ec

² Museo Pumapungo
Cuenca, Ecuador

mtello.mpumapungo@culturaypatrimonio.gob.ec

Abstract. Este trabajo presenta una propuesta de transformación tecnológica integral para el Museo Pumapungo, en Cuenca, Ecuador, incorporando tecnologías emergentes como inteligencia artificial (IA), realidad aumentada (RA), gamificación, web semántica y reconstrucción 3D. El estudio parte de un diagnóstico institucional que reconoce tanto la riqueza patrimonial del museo como sus limitaciones tecnológicas actuales. La propuesta plantea una arquitectura modular basada en microservicios, conectada con una base semántica estructurada bajo el modelo CIDOC-CRM y complementada con algoritmos de personalización y análisis mediante IA. La metodología aplicada contempla cinco fases: análisis del estado actual, revisión de casos internacionales, diseño arquitectónico, desarrollo de módulos tecnológicos y evaluación participativa. Se proyectan resultados como aplicaciones móviles personalizadas, rutas inmersivas adaptadas a perfiles de usuario, reconstrucción visual del complejo arqueológico y generación de narrativas culturales dinámicas. Estos resultados se ejemplifican a través de seis escenarios que ilustran distintas experiencias de visita y aprendizaje. Además, se reflexiona sobre los retos de sostenibilidad, la interoperabilidad, la gestión del cambio y la validación cultural en entornos patrimoniales. La propuesta se sustenta en la trayectoria académica del autor principal y en la colaboración directa con la dirección del museo, consolidando una experiencia piloto replicable que posiciona a Pumapungo como referente innovador en museología digital para la región andina.

Keywords: Museología digital, Realidad aumentada, Inteligencia artificial, Web semántica, Reconstrucción 3D, CIDOC-CRM, Patrimonio cultural, Museo Pumapungo, Experiencia del visitante, Innovación tecnológica.

1 Introducción

En las últimas décadas, los museos han ido dejando atrás esa imagen de lugares estáticos o de “almacenes del pasado”, para convertirse poco a poco en espacios vivos, donde el público no solo observa, sino también participa, aprende y se conecta con las historias que allí se cuentan. Esta transformación tiene mucho que ver con cómo entendemos hoy el aprendizaje informal, especialmente en entornos donde los visitantes pueden interactuar libremente con los objetos y entre ellos mismos, generando nuevas formas de comprender el mundo [1].

La introducción de tecnologías digitales —desde juegos y pantallas interactivas hasta realidad aumentada y sistemas de geolocalización— ha sido clave en este proceso. Estas herramientas no solo enriquecen la visita, sino que permiten que las personas construyan su conocimiento de forma activa, lo que a menudo resulta en aprendizajes más duraderos y significativos [2], [3].

Witcomb, una de las voces más citadas en este campo, lo expresa con claridad: gracias a la tecnología, la vieja idea del museo como un lugar silencioso y contemplativo ha dado paso a experiencias participativas que cambian con cada visitante [4]. Este fenómeno también se ha hecho evidente en América Latina, donde muchos museos enfrentan el desafío de actualizarse y atraer a un público joven que ya vive inmerso en lo digital. De hecho, según un informe del Banco Interamericano de Desarrollo, la pandemia actuó como un acelerador de este proceso, obligando a los museos a experimentar con formatos híbridos, nuevas narrativas y mayor interacción en línea [5].

Claro que no todo ha sido fácil. La digitalización de los museos también ha sacado a la luz obstáculos importantes, como la falta de formación en el personal, la escasez de recursos o las brechas tecnológicas tanto dentro de las instituciones como entre sus públicos [6], [7]. En el contexto latinoamericano, estos retos son todavía más evidentes, y han obligado a pensar en estrategias digitales que sean más inclusivas, sostenibles y adaptadas a las realidades locales [5].

En este escenario, el Museo Pumapungo, ubicado en Cuenca, Ecuador, se presenta como un caso emblemático. Nacido en 1980 como centro cultural del Banco Central, hoy es mucho más que una colección: se trata de un complejo cultural diverso que incluye museo, parque arqueológico-etnobotánico, biblioteca, teatro y más [8]. Este proceso de evolución institucional lo posiciona como un espacio ideal para experimentar con tecnologías emergentes que permitan fortalecer el vínculo entre patrimonio, educación y participación ciudadana.

2 Patrimonio y Significado del Museo Pumapungo

El Museo Pumapungo, ubicado en Cuenca, Ecuador, alberga una de las colecciones patrimoniales más significativas del país. Cuenta con aproximadamente 100,000 bienes culturales que incluyen piezas de arqueología (10,060), etnografía (10,794), arte (2,632), fondos documentales (más de 55,000 libros y hemeroteca), archivos fotográficos (19,607 imágenes), archivos históricos (5,775 ítems) y audiovisuales (5,667) [9].

Su ubicación en las ruinas del antiguo asentamiento inca de Tomebamba, que forma parte del sistema vial andino Qhapaq Ñan —declarado Patrimonio Mundial por la UNESCO en 2014—, le confiere un valor patrimonial doblemente significativo. Por un lado, resguarda una amplia y diversa colección museográfica; por otro, protege directamente los vestigios arqueológicos que permanecen en su sitio original, tales como terrazas, muros, canales, baños del Inca y hornos de ladrillo, los cuales tienen una relevancia histórica a nivel continental [10], [8]. Además, también cumple un rol fundamental en la conservación del patrimonio natural mediante el cuidado del parque etnobotánico y el santuario de aves asociado.

El museo conserva además la mayor colección de tsantsas (cabezas reducidas) en Ecuador, provenientes principalmente de pueblos amazónicos como los Shuar y Achuar, cuyas prácticas rituales y cosmovisión han sido objeto de numerosos estudios etnográficos [11].

Desde una perspectiva de conservación, el museo enfrenta retos significativos por el deterioro de ciertas obras pictóricas y escultóricas. Como se ha discutido con sus responsables, se están desarrollando propuestas para aplicar tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) y la reconstrucción digital, siguiendo ejemplos exitosos como los de Cícero Moraes en reconstrucciones forenses digitales [12].

En consonancia con tendencias internacionales en humanidades digitales y preservación del patrimonio, se ha planteado implementar modelos basados en tecnologías semánticas (como CIDOC-CRM) para estructurar la información y generar nuevas narrativas interactivas [13].

Frente a ese rico contexto patrimonial, el Museo Pumapungo encara el reto de transformar la experiencia que ofrece al público, alineándose con una visión contemporánea, lúdica y participativa. En este documento se explora, con apoyo de bibliografía académica real, cómo tecnologías emergentes—Inteligencia Artificial (IA), Web Semántica, reconstrucción digital 3D, gamificación y Realidad Aumentada (RA)—están revolucionando los museos y espacios patrimoniales, con énfasis en casos latinoamericanos y referentes internacionales.

Asimismo, se presenta una investigación detallada sobre el Museo Pumapungo: su historia, importancia, estado de conservación de colecciones, iniciativas digitales previas, necesidades actuales, colaboraciones académicas y desafíos. Esta revisión sirve de base para proponer una iniciativa doctoral y artículos académicos orientados a la innovación tecnológica en Pumapungo, imaginando un museo más interactivo, divertido e inclusivo. Cada fuente referenciada es real, verificable y citada correctamente, buscando sustentar con rigor académico la propuesta de transformación museística.

3 Tecnologías emergentes en museos y patrimonio

La incorporación de tecnologías emergentes ha impulsado experiencias museísticas más inmersivas, accesibles y educativas. A continuación, se sintetizan las principales tendencias tecnológicas con sus respectivos casos documentados.

3.1 Realidad Aumentada (RA)

La RA se ha posicionado como una herramienta útil para la difusión didáctica del patrimonio cultural [14]. Permite superponer contenidos digitales sobre el entorno físico, facilitando la comprensión histórica. En América Latina, destaca el Museo Trick Eye en Ciudad de México, con obras interactivas accesibles mediante app móvil [15]. A nivel global, museos como el de Historia Natural de Londres y el Jurásico de Asturias han desarrollado experiencias RA desde el hogar.

3.2 Gamificación y juegos serios

Aplicar dinámicas lúdicas a la experiencia museística ha demostrado mejorar el aprendizaje. Camps-Ortueta *et al.* aplicaron el videojuego serio “Enigma Ciencia” en Madrid, con resultados positivos en satisfacción y aprendizaje colaborativo [16]. La gamificación convierte la visita en una experiencia activa, reforzando el vínculo emocional con las colecciones [17].

3.3 Inteligencia Artificial (IA)

La IA facilita experiencias personalizadas y gestión automatizada del conocimiento. El proyecto “Voces de otro tiempo” del Museo Nacional de Antropología (México) integró IBM Watson para responder consultas en lenguaje natural [18]. Asimismo, instituciones como el Field Museum y la Galería Nacional de Londres han utilizado IA para clasificación, predicción y mediación cultural [19].

3.4 Web semántica y datos enlazados

La Web Semántica permite estructurar y enlazar contenidos patrimoniales de manera interoperable. El British Museum usa el estándar CIDOC-CRM para interconectar su colección con otras fuentes [20]. Proyectos como SeMap en España permiten búsquedas contextuales sobre múltiples repositorios [21].

3.5 Reconstrucción digital y patrimonio 3D

El modelado y escaneo 3D permiten crear copias digitales de obras, útiles para conservación, difusión y accesibilidad. La réplica impresa del arco románico de San Pedro de las Dueñas por Acciona y el Museo Arqueológico Nacional de Madrid es un ejemplo destacado [22]. Otras experiencias incluyen reconstrucciones de cráneos de la historia antigua del Ecuador para estudios antropológicos [23].

Estas tecnologías convergen en soluciones integradas donde RA, IA, semántica y gamificación interactúan. Juntas permiten construir experiencias más inclusivas, personalizadas y educativas, posicionando a los museos como agentes activos de mediación cultural contemporánea.

4 El Museo Pumapungo: historia, estado y transformación digital

4.1 Historia y significado

El Museo y Parque Arqueológico Pumapungo, fundado en 1980 en Cuenca, Ecuador, ha evolucionado de ser un centro de investigación cultural a consolidarse como un complejo patrimonial integral [24]. Abarca un museo con 3 reservas: nacional de etnografía, arqueología y arte; 2 fondos, documental que incluye biblioteca, archivo histórico, archivo histórico fotográfico y hemeroteca y el fondo audiovisual. Así mismo se custodia el sitio arqueológico de restos de la antigua ciudad de Tomebamba de filiación Inca, a él se vincula el parque etnobotánico y el Santuario de Aves. Entre sus colecciones destacan alrededor de 10,500 objetos etnográficos de pueblos indígenas del Ecuador, además de miles de piezas arqueológicas y artísticas. La sala de tsantsas (cabezas reducidas) y la sala permanente “Kañaris: identidad y persistencia”, son referentes nacionales. Su ubicación sobre el asentamiento inca de Tomebamba refuerza su valor patrimonial dual: museo de colecciones y sitio arqueológico in situ [25].

4.2 Innovación digital y visión participativa

A partir de 2022, el museo inició un proceso de modernización tecnológica alineado a los ejes de equidad, género y digitalización [24]. Destacan el desarrollo de recorridos virtuales 360°, el levantamiento digital 3D con apoyo de CyArk y el diseño de una reconstrucción virtual del complejo inca. Estas acciones sientan las bases para integrar tecnologías inmersivas (RA/VR) y fortalecer el acceso remoto. Además, el museo ha abierto sus espacios con políticas de inclusión para públicos diversos, con enfoque prioritario a niñas, niños y jóvenes, mujeres y población con discapacidad. Se ha firmado convenios con universidades para colaboración académica y tecnológica. En el año 2024 se intervino en la infraestructura, sobre todo en salas de exhibición y tránsito, con el fin de mejorar y ampliar espacios tanto en pisos, paredes e iluminación para exposiciones de diversos géneros, que promuevan la innovación y una perspectiva más inclusiva y contemporánea, capaz de acoger propuestas que involucren tecnologías y realidad aumentada.

4.3 Desafíos y oportunidades institucionales

Pese a los avances, los diferentes espacios del complejo cultural enfrenta retos de conservación física (colapso de muros por lluvias durante la pandemia, humedad y filtraciones en áreas sensibles como reservas) y limitaciones presupuestarias y del talento humano. Esto ha motivado la gestión de fondos de emergencia y la priorización de la conservación preventiva. La burocracia, la percepción social de que la cultura es suntuaria y dependencia administrativa limitan la implementación ágil de innovación, pero también han impulsado propuestas sostenibles apoyadas en alianzas con el sector académico y cultural. En

conclusión, Pumapungo representa una oportunidad concreta para consolidar un modelo de museo inteligente, ecológico, con eficiencia energética en el contexto andino, integrando tecnologías emergentes desde una perspectiva crítica, participativa y sostenible.

5 Metodología

La metodología propuesta se desarrolla en cinco fases articuladas entre equipos multidisciplinarios de la Universidad Politécnica Salesiana y el Museo Pumapungo. Cada fase está diseñada para integrar la investigación aplicada con el desarrollo tecnológico, bajo principios de ética patrimonial y sostenibilidad.

Fase 1: Levantamiento y priorización de objetos patrimoniales

- Se realizará un inventario y selección colaborativa de piezas pictóricas, escultóricas y arqueológicas con deterioro visible o potencial valor investigativo y de valor emergente.
- Se utilizarán herramientas de digitalización básica (fotografía de alta resolución y escaneo 3D) para documentar el estado actual de las obras.

Fase 2: Modelado semántico y base de conocimiento

- Se estructurará una base de datos semántica utilizando el modelo CIDOC-CRM, permitiendo relacionar piezas con contextos históricos, autores, materiales y tipologías.
- Se emplearán recursos de Linked Open Data (DBpedia, GeoNames, Europeana) para enriquecer las descripciones y facilitar el descubrimiento de conexiones culturales.

Fase 3: Entrenamiento de IA regenerativa para restauración digital

- Se recopilará un dataset de obras completas y fragmentadas para entrenar modelos de aprendizaje profundo (deep learning) que puedan sugerir reconstrucciones visuales.
- Las reconstrucciones generadas serán validadas por expertos en arte, curaduría y restauración.

Fase 4: Desarrollo de plataforma interactiva para difusión y educación

- Se diseñará una interfaz web o app educativa gamificada, permitiendo a los usuarios explorar las obras, interactuar con reconstrucciones y acceder a narrativas transversales generadas por la base semántica.
- Se incluirá una capa de recomendación personalizada basada en preferencias culturales y contexto del usuario.

Fase 5: Evaluación y retroalimentación

- Se aplicarán métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar la experiencia de usuarios y expertos.
- Se propondrá un sistema de mejora continua de los algoritmos de IA y del modelo semántico en función de la retroalimentación recogida.

Esta metodología busca no solo desarrollar una solución tecnológica funcional, sino también consolidar un modelo de colaboración sostenible entre el museo, la academia y la comunidad científica.

6 Diagnóstico del Museo Pumapungo

6.1 Estado actual de conservación de las colecciones pictóricas

El estado de conservación de las colecciones pictóricas del Museo Pumapungo presenta desafíos significativos derivados de limitaciones en la capacitación del personal responsable de la manipulación de las piezas [26]. Esta situación ha llevado ocasionalmente a errores durante la transmisión de mensajes interpretativos y, lamentablemente, a daños en obras por manipulación inapropiada. En respuesta, el museo se ha enfocado en fortalecer la aplicación rigurosa de normas internacionales de conservación del patrimonio cultural, con particular atención en materiales altamente vulnerables como la cerámica, sensible a variables ambientales como humedad y luminosidad [27].

6.2 Fotografías representativas del deterioro

El Museo cuenta con un amplio archivo fotográfico en la Unidad de Museografía que registra el estado de deterioro previo y posterior a los procesos de conservación y restauración [26]. Estas imágenes ofrecen un testimonio visual del esfuerzo institucional por mantener la integridad de sus piezas y constituyen un recurso indispensable para futuras investigaciones en conservación y restauración patrimonial.

6.3 Existencia de catálogos, bases de datos y registros internos

El Museo dispone de un sistema especializado conocido como Registro de Bienes Culturales (RBC), inicialmente denominado Banco de Datos, que permite la documentación detallada, clasificación y acceso a información específica sobre cada pieza patrimonial [26]. Este registro facilita no solo la gestión interna sino también la consulta externa por parte de investigadores, estudiantes y público general interesado en profundizar en el conocimiento del patrimonio resguardado por la institución.

6.4 Líneas de investigación propuestas por el Museo

El Museo Pumapungo ha propuesto una línea destacada de investigación en torno a la colección del Padre Carlos Crespi, que potencialmente alberga alrededor de seis mil objetos arqueológicos, coloniales, republicanos y modernos. Esta propuesta representa una oportunidad excepcional para desarrollar futuros estudios multidisciplinarios que permitan explorar y comprender en mayor profundidad la riqueza histórica y cultural del Ecuador, así como para contextualizar el patrimonio local en un ámbito más amplio.

6.5 Necesidades institucionales en cuanto a conservación digital

El Museo ha identificado importantes necesidades relacionadas con la conservación digital, específicamente en lo referente a infraestructura tecnológica adecuada, sistemas avanzados de respaldo digital y formación especializada para el personal técnico [26]. La creación y mantenimiento de bases de datos digitales modernas y accesibles constituye una prioridad institucional, indispensable para la documentación, almacenamiento, preservación y difusión del patrimonio cultural a largo plazo.

6.6 Experiencias relevantes: La Dama de Pumapungo

Una experiencia emblemática en términos investigativos y metodológicos en el Museo ha sido el proyecto *La Dama de Pumapungo*, en el que se llevó a cabo la reconstrucción facial digital a partir de un cráneo arqueológico hallado en el sitio [28]. Este trabajo interdisciplinario contó con expertos nacionales e internacionales, entre ellos el diseñador 3D brasileño Cícero Moraes, especializado en antropología forense. El proyecto incluyó la elaboración de mapas craneométricos, modelado 3D del rostro, y la utilización de técnicas avanzadas como la tomografía de haz de cono para determinar dimorfismo sexual y edad del individuo. Esta iniciativa permitió definir un protocolo estandarizado y una metodología específica para la reconstrucción facial digital aproximada (RFDA), convirtiéndose en un referente para futuros proyectos investigativos y educativos. Además, se establecieron las bases digitales para la conservación del patrimonio arqueológico y se plantearon iniciativas como museos itinerantes, réplicas manipulables para públicos diversos y proyectos educativos comunitarios [28].

El proyecto de la Dama de Pumapungo se considera un modelo exitoso que ilustra cómo la aplicación tecnológica y científica puede servir no solo para la conservación patrimonial, sino también como herramienta educativa y de vinculación social, fortaleciendo la identidad cultural y generando un impacto positivo en la comunidad [28].

7 Propuesta tecnológica y arquitectura del sistema

La presente propuesta tecnológica busca transformar la experiencia museística en el Museo Pumapungo mediante una arquitectura modular e interoperable que

integre tecnologías emergentes. El modelo se fundamenta en cinco pilares: accesibilidad, personalización, escalabilidad, reutilización de datos patrimoniales y participación activa del visitante. La arquitectura propuesta combina microservicios con componentes semánticos y capacidades de inteligencia artificial, permitiendo una evolución progresiva del sistema.

7.1 Componentes de la arquitectura

- **Frontend multiplataforma:** interfaz web y móvil construida con tecnologías responsivas, adaptable a diversos perfiles de usuario (niños, turistas, investigadores), ofreciendo rutas personalizadas, visualización de RA y retos interactivos.
- **Backend de microservicios:** cada módulo funcional (catálogo, recomendaciones, narrativa, gamificación, RA) se implementa como un microservicio RESTful para garantizar autonomía y escalabilidad.
- **Base de conocimiento semántica:** diseñada bajo el estándar CIDOC-CRM, interconectada con fuentes de Linked Open Data (Wikidata, European) y contextualizada con información local del museo.
- **Motor de inteligencia artificial:** encargado de personalizar recomendaciones narrativas y rutas de visita mediante análisis de comportamiento del usuario e inferencias desde la base semántica.
- **Módulo de reconstrucción digital 3D:** permite explorar reconstrucciones históricas del complejo arqueológico, tanto de forma autónoma como integrada a recorridos con RA.

7.2 Integración y flujos de usuario

La arquitectura permitirá que un visitante acceda desde su dispositivo móvil al llegar al museo, configure un perfil básico (edad, idioma, intereses) y reciba una ruta de visita adaptada. A medida que explora las salas, los módulos de RA muestran contenido enriquecido, y la narrativa cambia dinámicamente según el comportamiento del visitante. Al finalizar, el sistema genera un resumen de su experiencia con enlaces, logros, medallas digitales e invitaciones a seguir participando en redes patrimoniales.

7.3 Ventajas del enfoque modular

Esta arquitectura garantiza una evolución progresiva del sistema, donde módulos pueden activarse o integrarse por etapas según presupuesto o resultados. Además, su diseño semántico e interoperable lo hace replicable en otros museos del país, fomentando una red patrimonial inteligente y colaborativa a escala nacional y regional.

8 Resultados Esperados

Los resultados proyectados de esta propuesta contemplan un impacto múltiple en las áreas de conservación patrimonial, investigación, educación y gestión museográfica. Se espera que al finalizar el proyecto se hayan alcanzado los siguientes logros:

- Reconstrucción digital de al menos cinco obras pictóricas o escultóricas mediante modelos de inteligencia artificial entrenados con bases de datos patrimoniales.
- Desarrollo funcional de una base de conocimiento semántica estructurada en CIDOC-CRM, con vínculos a recursos abiertos internacionales.
- Implementación de una plataforma interactiva o aplicación móvil con acceso público, capaz de mostrar comparaciones antes/después de restauración digital, junto con narrativas culturales asociadas.
- Creación de un sistema de gestión documental para el área de conservación del museo, permitiendo registrar intervenciones, responsables, técnicas y fechas.
- Integración de una interfaz de aprendizaje gamificada dirigida a visitantes escolares y universitarios, con rutas temáticas, preguntas y retos culturales.
- Publicación de al menos dos artículos académicos indexados y una tesis doctoral desarrollada en el marco del proyecto.

Escenarios ejemplares de impacto

Escenario 1: Visita inteligente y contextualizada para estudiantes. Una estudiante universitaria interesada en arqueología ingresa al Museo Pumapungo y descarga la app oficial. La plataforma reconoce su perfil e intereses, y le sugiere explorar la sala “Cañari”. A medida que avanza, la app le muestra objetos conectados semánticamente con piezas de otros museos del mundo. Con ayuda de realidad aumentada, ve cómo se usaban los objetos en su contexto original, responde retos culturales y recibe recomendaciones personalizadas hacia otras salas. Al final, recibe un resumen interactivo de su visita y una invitación a una comunidad digital de jóvenes patrimonialistas.

Escenario 2: Ingeniería ancestral para profesionales técnicos. Un ingeniero civil apasionado por las culturas históricas explora los sitios arqueológicos del complejo Cañari-Inca guiado por la app del museo. A través de realidad aumentada, visualiza la infraestructura hidráulica original, manipula compuertas virtuales para comprender la lógica del sistema de irrigación y recibe comparaciones entre este sistema y otras obras similares del mundo antiguo. Gana una medalla simbólica y es invitado a una comunidad de entusiastas de la ingeniería patrimonial.

Escenario 3: Reconstrucción digital en tiempo real para visitantes. Un visitante escanea un código QR frente a una obra deteriorada y accede a una visualización restaurada mediante IA. Acompañado de una narrativa enriquecida

con datos contextuales y rutas culturales, el usuario explora variaciones de estilo y composición según diferentes interpretaciones patrimoniales.

Escenario 4: Gestión técnica de restauración para conservadores. Conservadores utilizan una app interna para registrar intervenciones técnicas en piezas del museo. Se almacenan fotos del proceso, materiales usados, cronología de tratamientos y responsables técnicos. El sistema permite comparar patrones de deterioro entre piezas y anticipar decisiones de conservación.

Escenario 5: Rutas educativas temáticas gamificadas. Grupos escolares utilizan tablets que les sugieren rutas temáticas adaptadas acordes a su nivel educativo. A través de desafíos interactivos, asociaciones culturales y preguntas de opción múltiple, los estudiantes descubren historias transversales entre culturas y objetos. Al final, la app genera una ficha de aprendizaje con retroalimentación.

Escenario 6: Integración académica y difusión científica. Todos los datos y herramientas generadas alimentan artículos académicos y tesis que se han realizado para el museo. La plataforma se estructura como microservicio para facilitar su adaptación en otros museos. Se fomenta la creación de una red colaborativa nacional de innovación patrimonial basada en datos abiertos y tecnologías emergentes.

Estos resultados no solo permitirán poner en valor el patrimonio conservado en el Museo Pumapungo, sino que servirán como modelo replicable para otras instituciones del país y la región. Además, posicionarán a la Universidad Politécnica Salesiana y al museo como referentes en innovación patrimonial basada en tecnologías emergentes.

9 Discusión

La propuesta tecnológica planteada para el Museo Pumapungo responde a un contexto en el que las instituciones patrimoniales deben reinventarse para captar y educar a audiencias cada vez más digitalizadas. Tal como señala Witcomb [?], los museos deben dejar atrás su rol pasivo y adoptar estrategias activas de mediación cultural. La integración de tecnologías emergentes como la RA, la IA y la web semántica permite al museo no solo modernizar su interfaz con el público, sino también repensar su función social como agente educativo, inclusivo y dinámico.

A partir del diagnóstico del estado del museo, se reconoce una estructura rica en contenido pero limitada en recursos tecnológicos y presupuestarios. En este sentido, la arquitectura modular basada en microservicios ofrece una solución escalable y sostenible, tal como han demostrado proyectos en museos de México [18], España [16] y el Reino Unido [20]. Además, el uso de estándares semánticos como CIDOC-CRM promueve la interoperabilidad y reutilización de los datos culturales, lo cual se alinea con las buenas prácticas de patrimonio digital propuestas por la comunidad internacional.

Sin embargo, la implementación de tecnologías avanzadas conlleva desafíos específicos. Por un lado, la personalización basada en IA requiere un manejo

ético y transparente de los datos del visitante. Por otro, la generación automatizada de narrativas culturales plantea riesgos en la representación de identidades y significados que deben ser revisados por expertos humanos. Así mismo, la RA y los modelos 3D implican esfuerzos técnicos significativos en digitalización, mantenimiento y actualización.

Otro aspecto relevante es la necesidad de generar alianzas estratégicas para la sostenibilidad del sistema. Las universidades, como actores clave en la innovación educativa y tecnológica, deben mantener una colaboración activa con el museo, no solo como entes de soporte técnico, sino como coproductores del contenido cultural y sus narrativas. La experiencia de proyectos interinstitucionales en Pumapungo refuerza esta línea de acción.

En síntesis, la propuesta aquí desarrollada no solo busca modernizar un museo emblemático, sino también establecer un modelo replicable en otros contextos patrimoniales de Latinoamérica. La clave será asegurar una implementación gradual, evaluada y contextualizada, que ponga en el centro al visitante como protagonista activo del conocimiento.

10 Contribución académica e institucional de los autores

Este artículo se fundamenta en la trayectoria investigadora del autor principal, así como en el respaldo institucional de la dirección del Museo Pumapungo, consolidando una propuesta que une conocimiento académico y experiencia museológica aplicada.

Desde el ámbito académico, el autor principal ha desarrollado una línea investigativa centrada en las tecnologías aplicadas al patrimonio cultural, la realidad aumentada, los sistemas inteligentes y la web semántica. Su tesis doctoral, desarrollada en la Universidad de Vigo (España, 2019), se enfocó en el uso de narrativas interactivas y estructuras semánticas para la didáctica del patrimonio histórico [29]. Esta base ha derivado en múltiples aplicaciones en el contexto de museos y espacios culturales.

Entre sus publicaciones más relevantes se encuentran una propuesta gamificada para la educación vial en contextos urbanos inteligentes, desarrollada en colaboración con la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV) [30], y varios trabajos sobre el uso de tecnologías inmersivas como realidad virtual y aumentada para la activación de memorias patrimoniales en museos y comunidades [31].

Desde el contexto institucional, la magíster Monserrat Tello Vintimilla, directora del Museo Pumapungo, ha sido una figura clave en el diseño, gestión y promoción del patrimonio cultural local y nacional. Ha participado activamente en la planificación museológica, la conservación preventiva y la formulación de estrategias patrimoniales, entre ellas el plan de fortalecimiento del Centro Histórico de Cuenca como patrimonio mundial [32]. Bajo su dirección, el museo ha impulsado iniciativas de digitalización, inclusión social y vinculación con la academia, siendo esta propuesta un reflejo del compromiso institucional con la innovación cultural.

Estas contribuciones académicas e institucionales convergen en el presente artículo, que representa una colaboración estratégica entre universidad y museo, fortaleciendo un modelo de gestión patrimonial orientado a la transformación digital, la educación inclusiva y la sostenibilidad cultural.

References

1. J. H. Falk and L. D. Dierking, *Learning from Museums: Visitor Experiences and the Making of Meaning*. Walnut Creek, CA: AltaMira Press, 2000.
2. M. Economou, "Evaluation strategies in the cultural sector: The case of the kelvingrove museum," *Museum and Society*, vol. 2, no. 1, pp. 30–46, 2004.
3. R. Parry, *Recoding the Museum: Digital Heritage and the Technologies of Change*. London: Routledge, 2007.
4. A. Witcomb, *Re-imagining the Museum: Beyond the Mausoleum*. Routledge, 2003.
5. Banco Interamericano de Desarrollo (BID), "Tendencias digitales en museos de américa latina y el caribe," 2021, acceso el 25 de junio de 2025. [Online]. Available: <https://publications.iadb.org/es/tendencias-digitales-en-museos>
6. E. Giaccardi, *Heritage and Social Media: Understanding Heritage in a Participatory Culture*. New York: Routledge, 2012.
7. R. Parry, *The Digital Future of Museums: Conversations and Provocations*. London: Routledge, 2013.
8. M. Rueda Novoa, *Pumapungo: Arqueología, conservación y territorio*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, 2020.
9. Ministerio de Cultura y Patrimonio del Ecuador, "Sistema de información del patrimonio cultural del ecuador (sipce)," 2021, quito, Ecuador.
10. UNESCO, "Qhapaq Ñan, sistema vial andino," 2014, acceso el 25 de junio de 2025. [Online]. Available: <https://whc.unesco.org/es/list/1459/>
11. A.-C. Taylor, *El arte de la invisibilidad: chamanismo y cosmopolítica entre los Achuar del Ecuador*. Copenhagen: IWGIA, 1996.
12. F. Tellechea and C. Moraes, "Reconstrucción facial forense 3d aplicada a la antropología," *Revista Argentina de Antropología Biológica*, vol. 20, no. 2, pp. 1–12, 2018.
13. O. G. Bravo Quezada, "Aplicación de tecnologías de web semántica para mejorar la didáctica de la historia y el patrimonio cultural por medio de narrativas transversales," Ph.D. dissertation, Universidade de Vigo, Vigo, España, 2019.
14. M. A. García Medina, C. Lengua Cantero, and W. Flórez Barboza, "Realidad aumentada en museos para la preservación de la etnoidentidad zenú," *Interculturalidad de las Etnias en Colombia*, 2021.
15. D. A. Magazine, "Museo trick eye llega a México con experiencias de realidad aumentada," <https://www.digitalavmagazine.com>, 2019.
16. I. Camps-Ortueta, L. Deltell, and S. Gutiérrez-Manjón, "Aplicación lúdica de la realidad aumentada en el museo nacional de ciencias naturales (madrid)," *Revista Electrónica Educare*, vol. 27, no. 2, p. 15886, 2023.
17. C. C. de España en México, "Gamificación y museos," <https://ccemx.org>, 2022.
18. S. T. News, "Voces de otro tiempo - proyecto de ia conversacional," <https://www.smarttravel.news>, 2019.
19. R. M. . IA, "Guía para la aplicación de inteligencia artificial en museos," <https://themuseumsai.network>, 2022.

20. B. Museum, "La web semántica del museo británico," <https://collection.britishmuseum.org>, 2011.
21. F. BBVA, "Proyecto semap," <https://www.fbbva.es>, 2023.
22. N. Geographic, "Impresión 3d, la réplica del arte," <https://www.nationalgeographic.es>, 2019.
23. C. y DICYT, "Reconstrucción 3d de cráneos precolombinos," <https://www.dicyt.com>, 2021.
24. E. Mercurio, "Museo pumapungo, un espacio que se ha transformado con el tiempo," <https://elmercurio.com.ec>, 2022.
25. E. Telégrafo, "Arqueólogos realizan mantenimiento del parque arqueológico de pumapungo," <https://www.eltelegrafo.com.ec>, 2020.
26. J. M. Ortega Armijos and E. F. Marca Mejía, "Sala arqueológica tomebamba del bce-cuenca, alternativa museológica-pedagógica al servicio de la comunidad," Cuenca, Ecuador, 2009.
27. J. Idrovo Urigüen, "Tomebamba: Arqueología e historia de una ciudad imperial," Cuenca, Ecuador, 2010.
28. M. Cazar Almache, M. Zuñiga, M. Abril, S. Aguirre Ponce, M. Espinoza, and C. e. a. Moraes, "Dama de pumapungo: Proyecto diuc - elaboración de mapas craneométricos para la aproximación facial digital de un cráneo arqueológico hallado en pumapungo," Cuenca, Ecuador, 2020.
29. O. G. Bravo Quezada, "Aplicación de tecnologías semánticas y narrativas transversales para la didáctica del patrimonio cultural," Tesis doctoral, Universidade de Vigo, 2019.
30. G. A. Leon-Paredes, O. G. Bravo-Quezada, E. J. Sacoto-Cabrera, W. F. Calle-Siavichay, L. L. Jimenez-Gonzalez, and J. Aguirre-Benalcazar, "Virtual reality platform for sustainable road education among users of urban mobility in cuenca, ecuador," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 13, no. 6, 2022.
31. W. S. Mendieta-Molina, O. G. Bravo-Quezada, and L. L. Jiménez-González, "Virtual reality as a tool for the reconstruction and dissemination of cuenca's cultural heritage: Cases of the "puente roto" bridge and the "cornelio merchán" building," in *International Conference on Information Technology & Systems*. Springer, 2024, pp. 26–35.
32. G. A. D. de Cuenca, "Propuesta de inscripción del centro histórico de cuenca," <https://www.cuenca.gob.ec>, 2017.