

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Vicerrectoría de Investigación y Extensión

Programa de Regionalización

Informe Final de proyectos Extensión

Tabla de contenido

Índice de tablas	3
Índice de figuras	4
1 Código y título del proyecto	5
2 Autores	5
3 Resumen.....	5
4 Abstract	6
5 Palabras clave.....	6
6 Keywords.....	6
7 Contextualización del proyecto.....	6
7.1 <i>Problemática</i>	6
7.2 <i>Población meta y área de estudio</i>	7
7.3 <i>Propósito</i>	8
8 Estrategia de abordaje	8
8.1 <i>Identificación de sitios de interés a aumentar</i>	8
8.2 <i>Diseño y programación de aumentaciones de sitios de interés</i>	15
8.3 <i>Validación de la aplicación</i>	16
9 Análisis de resultados.....	18
10 Logro del propósito y los componentes.....	22
11 Integración de la academia	24
11.1 <i>Asistencias estudiantiles</i>	24
11.2 <i>Trabajos de grado y postgrado</i>	25
11.3 <i>Cursos</i>	25
12 Cumplimiento del plan de difusión	26
13 Ejecución presupuestaria	27
14 Limitaciones y problemas encontrados	28

15	Observaciones generales y recomendaciones	29
16	Agradecimientos	29
17	Referencias.....	30
18	Apéndice.....	32

Índice de tablas

Tabla 1	5
Tabla 2	9
Tabla 3	10
Tabla 4	12
Tabla 5	13
Tabla 6	14
Tabla 7	17
Tabla 8	18
Tabla 9	19
Tabla 10	23
Tabla 11	24
Tabla 12	25
Tabla 13	25
Tabla 14	27

Índice de figuras

Figura 1.....	8
Figura 2.....	9
Figura 3.....	15
Figura 4.....	20
Figura 5.....	21
Figura 6.....	21
Figura 7.....	22
Figura 8.....	22

1 Código y título del proyecto

a. **Código del proyecto:** CF-2188014

b. **Nombre del proyecto:** Información aumentada de áreas silvestres protegidas de Costa Rica

2 Autores

Tabla 1

Autores

Nombre y Grado Académico	Unidad Académica / Institución	Docente /Externo	Jornada (h/semana)	Meses en el proyecto
MAP. Rogelio González Quirós, (Coordinador)	Unidad Desconcentrada de Ingeniería en Computación San Carlos	Docente	6	1° de julio de 2022 al 30 de junio de 2023
Dr. Edgar Javier Rojas Muñoz	Unidad Desconcentrada de Ingeniería en Computación, Alajuela	Docente	6	1° de julio de 2022 al 30 de junio de 2023
M.Sc. Luis Felipe Sancho Jiménez	Gestión Turismo Rural Sostenible, Escuela de Idiomas y Ciencias Sociales	Docente	6	1° de julio de 2022 al 30 de junio de 2023
MAE. Marlen Treviño Villalobos	Unidad Desconcentrada de Ingeniería en Computación San Carlos	Docente	10	1° de enero al 30 de junio de 2023

En este proyecto, se contó con la colaboración del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y de COOPELESCA, quienes participaron como instituciones externas al TEC.

3 Resumen

Se hace imperativo impulsar la visitación a las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) mediante el aprovechamiento de herramientas tecnológicas que faciliten el acceso a contenidos interactivos dirigidos tanto a niños como a adultos. Con este propósito, se ideó un proyecto para contribuir a los procesos de innovación tecnológica en áreas silvestres protegidas de la Región Huetar Norte, con el fin de mejorar la experiencia turística a través de una herramienta tecnológica para la ampliación de puntos de interés en los senderos.

En este contexto, se llevaron a cabo visitas a los lugares planificados para recopilar información, manteniendo conversaciones con los responsables de las zonas y consultando a personas con

conocimientos sobre los posibles atractivos en cada sendero. Además, se enfocó en el diseño y en un proceso creativo de construcción de aumentaciones, siguiendo las reglas básicas para la realización de una aumentación.

Entre los resultados más destacados de la ejecución del proyecto se encuentra la identificación de un total de 89 recursos (15 en el Parque Nacional Juan Castro Blanco, 34 en el Parque Nacional Volcán Arenal y 40 en el Refugio de Vida Silvestre Caño Negro), así como la creación de una aplicación para dispositivos móviles con sistemas operativos Android e iOS. Esta aplicación cuenta con 4 senderos, cada uno de ellos con 7 puntos aumentados, contribuyendo así a enriquecer la experiencia del usuario durante su visita.

4 Abstract

It is imperative to promote visits to Wildlife Protected Areas (ASP) using technological tools that facilitate access to interactive content aimed at both children and adults. To this end, a project was designed to contribute to technological innovation processes in protected wildlife areas of the Huetar Norte Region, to improve the tourist experience through a technological tool for the expansion of points of interest in the trails.

In this context, visits were made to the planned sites to gather information, holding conversations with those responsible for the areas and consulting with people knowledgeable about the possible attractions on each trail. In addition, the focus was on the design and creative process of constructing augmentations, following the basic rules for the realization of an augmentation.

Among the most outstanding results of the project implementation is the identification of a total of 89 resources (15 in the Juan Castro Blanco National Park, 34 in the Arenal Volcano National Park and 40 in the Caño Negro Wildlife Refuge), as well as the creation of an application for mobile devices with Android and iOS operating systems. This application has 4 trails, each of them with 7 enlarged points, thus contributing to enriching the user's experience during their visit.

5 Palabras clave

Realidad Aumentada, Senderos, Turismo, Información Aumentada.

6 Keywords

Augmented Reality, Paths, Tourism, Augmented Information.

7 Contextualización del proyecto

7.1 Problemática

Según datos del Banco Central de Costa Rica (BCCR), en 2016 el turismo en Costa Rica generó de manera directa el 6,3% del Producto Interno Bruto (PIB) y el 8,2% en forma indirecta (CEPAL, 2020a). Sin embargo, esta actividad se vio drásticamente afectada durante la pandemia del COVID-19 en donde el turismo calló hasta alcanzar un hecho inédito temporada CERO porque la actividad se detuvo casi por completo. En el año 2020, los parques nacionales recibieron el 14,9% de los ingresos esperados por turismo y a nivel comercial alrededor de 5.000 empresas del sector se vieron afectadas con cierres totales (Núñez Chacón, 2020). Esta caída del turismo presenta efectos que

atentan contra la conservación de la biodiversidad que, asociadas con la explotación ilícita, relajación de normas ambientales y posible disminución del presupuesto fiscal (CEPAL, 2020b) las cuales tienen repercusiones significativas sobre estas áreas.

Por lo tanto, se visualiza la necesidad de potenciar la visitación a las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) mediante el uso de herramientas tecnológicas que permitan ampliar el público meta que tiene acceso a contenidos interactivos tanto para niños como para adultos. Este proyecto se plantea el uso de la realidad aumentada en las ASP con el objetivo de generar una experiencia de aprendizaje en temas de conservación de recursos naturales y promover el desarrollo del sector turístico (Solano-Camacho, 2021).

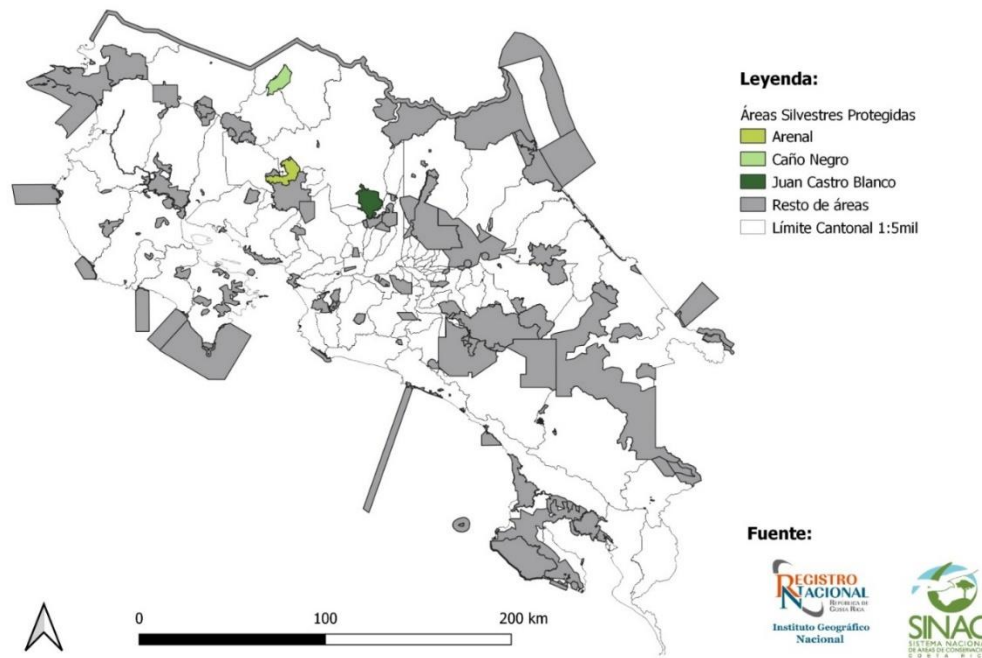
Las universidades, como instituciones de educación superior, pueden innovar y fortalecer las estrategias de manejo y conservación de los recursos de las ASP mediante el desarrollo tecnológico. En el caso específico del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ofrece las carreras de Gestión de Turismo Rural Sostenible e Ingeniería en Computación. Por lo que, sus docentes tienen entre sus principales habilidades: diseño de aplicaciones móviles, diseño de rutas, diseño de la experiencia de usuario en el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, interpretación ambiental, gestión ambiental, innovación turística, entre otros.

7.2 Población meta y área de estudio

La población meta considera a visitantes de las ASP, tanto nacionales como extranjeros. Colateralmente se verán beneficiados comercios alrededor de las áreas silvestres protegidas incluidos los guías que regularmente atienden grupos en estas áreas se pueden ver beneficiados por el uso de la tecnología para fortalecer el servicio que prestan. Así mismo, con el proyecto se favorecen los procesos de manejo y gestión de los recursos naturales que resguardan las ASP con lo cual los funcionarios del SINAC también son parte de los beneficiarios directos. Finalmente, estas estrategias tecnológicas aumentarán la visibilidad de las ASP, lo cual promoverá su visitación por parte de personas que usualmente no visitarían estos sitios.

Siendo el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) el ente encargado del manejo y conservación del Patrimonio Natural de Costa Rica que resguarda las ASP. En la Región, convergen actividades productivas basadas en la agricultura, ganadería en las que en años recientes se integra el turismo asociado con la riqueza natural. Dentro de los principales atractivos ubicados en la Región destaca con alta jerarquía el Volcán Arenal (ICT, 2016). Este estudio se realizó en tres ASP del Área de Conservación Arenal Huetar Norte: el sendero en el sector Península y sector Coladas en el Parque Nacional Volcán Arenal (PNVA), un tramo de recorrido en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Caño Negro (RNVSMCN) y el sendero Pozo Verde en el Parque Nacional Juan Castro Blanco (PNAJCB) (ver Figura 1).

Figura 1
Área de estudio



Fuente: Elaboración propia con base en datos del SINAC y el Registro Nacional.

7.3 Propósito

El propósito de este proyecto fue contribuir en los procesos de innovación tecnológica en áreas silvestres protegidas de la Región Huetar Norte para el mejoramiento de la experiencia turística a través de una herramienta tecnológica para la aumentación de puntos de interés dentro de los senderos.

8 Estrategia de abordaje

El abordaje de los objetivos a desarrollar en el proyecto de extensión se dividió en 3 etapas principales. Seguidamente, se describe de manera detallada el proceso utilizado en cada una de las etapas del proyecto.

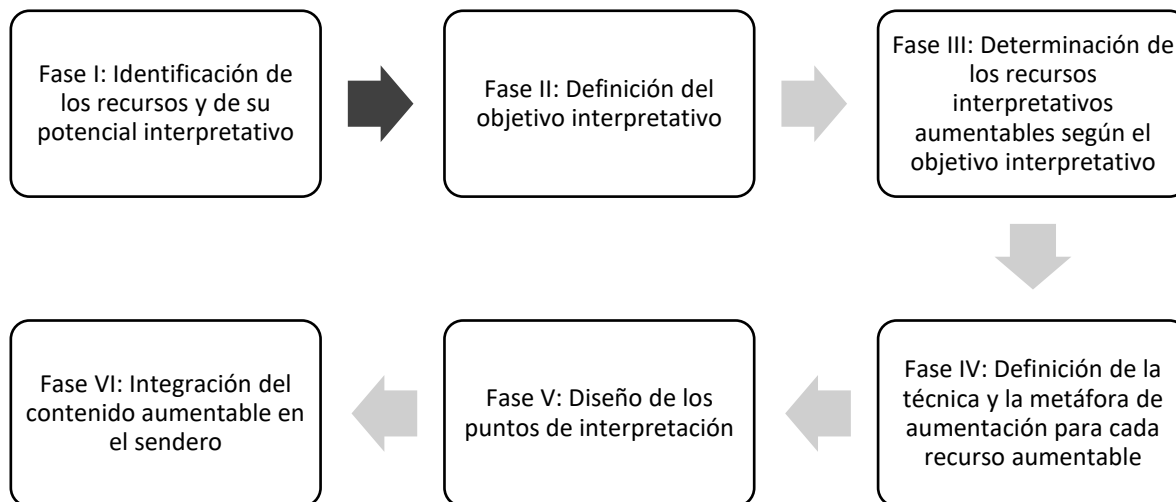
8.1 Identificación de sitios de interés a aumentar

La metodología utilizada fue multimetódica, pues se emplearon varios procedimientos para indagar sobre el objeto de estudio (Ruiz, 2008). Además, esta investigación es prospectiva debido a que, desde el punto de vista de la planificación de la toma de los datos, estos fueron obtenidos específicamente para la redacción del presente artículo. También, es descriptiva con una dimensión temporal de tipo transversal, porque se recolectan los datos en un momento específico (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2010). Para el presente estudio, el proceso de recolección de datos fue realizado entre agosto y noviembre del año 2022. Finalmente, el método

utilizado toma como punto de partida la propuesta de Lozano y Castro (2015) obteniendo como resultado final un diseño metodológico compuesto por seis fases (ver Figura 2).

Figura 2

Diseño metodológico por sendero en cada ASP



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se presentan las técnicas e instrumentos utilizados para la identificación de los recursos en cada ASP.

Tabla 2

Síntesis del método para identificar los recursos del ASP

Método	Técnica	Instrumento	Fuente	Resultado	Referencia
Investigación documental	Búsqueda de palabras claves	Hoja de cálculo Microsoft Excel	Planes de Manejo	Matriz de datos: condición que ofrece el recurso, potencial interpretativo de los atractivos turísticos y recursos del área	(Banchón Naranjo, 2018; Caiza Bravo, 2018; Montaván Ardón, 2017; Villagrán Andrade, 2015)
			Planes de Turismo		
			Publicaciones científicas		
			Estadísticas sectoriales		
Investigación de campo	Visita de reconocimiento	Cámara fotográfica Canon	Recorridos en el ASP	Registro fotográfico de	Autores

	PowerShot SX60 HS - PowerShot and IXUS digital		los puntos de interés	
	Sistema de Posicionamiento Global (GPS) marca Garmin modelo MAP 64	Mapas de los senderos en el ASP	Registro georreferenciado de los puntos con potencial interpretativo	Autores
Observación de campo	Ficha de observación	Senderos en el ASP	Matriz de datos	(Lozano & Castro, 2015)
Entrevista Semi estructurada con Informantes clave	Guía de entrevista	Funcionarios del área Especialistas en turismo en el ASP	Matriz de datos: reconocimiento de los recursos por parte de informantes claves	(Barrantes Echavarría, 2007; Méndez Álvarez, 2001)

Fuente: Adaptación de los autores basado en Lozano y Castro (2015).

Para evaluar el potencial interpretativo de los recursos, se definió una matriz con las variables de singularidad, atractivo, resistencia al impacto, acceso a diversidad de público, afluencia actual de público, representatividad didáctica, temática coherente y estacionalidad (ver Tabla 2).

Tabla 3

Matriz para la evaluación del potencial interpretativo de los recursos del ASP

Criterio	Descripción	Muy buena (3)	Buena (2)	Regular (1)	Mala (0)
Singularidad	Refleja el grado de rareza del recurso con respecto al área				
Atractivo	Capacidad intrínseca para despertar curiosidad o interés al visitante				
Resistencia al impacto	Capacidad del recurso de resistir la presión de visitas y usos interpretativas				
Acceso a diversidad de público	Nivel de accesibilidad presente del recurso, en el acceso al mismo y en su entorno				
Afluencia actual de público	Nivel de afluencia de visitantes que actualmente pueda				

	observar el recurso a interpretar
Representatividad didáctica	Refleja el grado en el que un recurso puede ser explicado al visitante en términos comprensibles, gráficos y esquemáticos.
Coherencia temática	Propiedad del recurso que permite entender que sus elementos están relacionados entre sí y conforman entre ellos una idea única y unitaria.
Estacionalidad	Nivel de disponibilidad de uso que pudiera tener a lo largo del año

Fuente: Adaptación de los autores basado en Morales y Herrera (1986) en Morales (1992).

Para cada recurso identificado se calculó el índice de potencia interpretativo (IPI). Esto se realiza mediante la sumatoria de la valoración de cada criterio (C_r) y se divide entre el máximo puntaje que puede obtener (para este caso, sería 24), según la ecuación (2).

$$IPI = \frac{\sum_{i=1}^{i=8} C_r}{24} \quad (1)$$

Dónde: i se refiere a cada uno de los **8** criterios definidos en la Tabla **2**.

Luego, se determinaron los recursos interpretativos aumentables. La dinámica para valorar si un recurso es aumentable es mediante la técnica de investigación cuantitativa. Un panel de expertos usó la Tabla 3 para valorar los recursos basados en nueve criterios. Dicha matriz usa una escala de valoración de 0 a 3, donde 0 significa muy mala, 1 mala, 2 buena y 3 muy buena.

Tabla 4
Matriz para la valoración de los recursos aumentables

Criterio	Descripción	Muy buena (3)	Buena (2)	Mala (1)	Muy mala (0)
Idoneidad tecnológica	El recurso reúne las condiciones técnicas necesarias u óptimas para que sea posible aumentarlo.				
Unicidad	El recurso es único, irrepetible, es difícil de encontrar en otro lugar.				
Contrastante	Se puede contrastar un recurso o mostrar una notable diferencia u oposición consigo mismo mediante realidad aumentada.				
Viabilidad biológica	La implementación mediante realidad aumentada no pone en riesgo o evita la afectación del recurso.				
Accesible	El recurso tiene un mejor acceso o puede ser visualizado desde diferentes lugares y/o usuarios utilizando realidad aumentada				
Emblemático	Se fortalece el conocimiento de las características singulares y/o representativas de un recurso mediante realidad aumentada.				
Visibilidad	Se mejora la visibilidad del recurso a una determinada distancia y/o contexto con realidad aumentada.				
Contextualizado	Se comprenden hechos, tendencias, fenómenos y procesos que rodean el recurso utilizando realidad aumentada.				
Privacidad y seguridad	NO se pone en riesgo la privacidad o seguridad del recurso con la aumentación.				

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular el índice de aumentabilidad (A_I) sobre cada recurso se realiza la sumatoria de la valoración de cada criterio (C_r), según la ecuación (2):

$$A_I = \sum_{i=1}^{i=10} C_r \quad (2)$$

Dónde: i se refiere a cada uno de los 9 criterios definidos en la Tabla 3.

Dado que en este trabajo se está usando senderos definidos, se tomó como punto de partida el objetivo de creación de cada ASP. En este contexto, los recursos interpretativos de cada sendero se agruparon según líneas temáticas que facilitan la generación del objetivo interpretativo correspondiente (consultar Tabla 4).

Tabla 5

Matriz para la agrupación de los recursos aumentables por línea temática

	Reinos de la naturaleza						Elementos de la naturaleza				Elementos Culturales					
	Animalia						Vegetal	Fungi	Protoctista	Monera	Agua	Tierra	Aire	Fuego	Paisaje	Historia
Recursos	Aves	Mamíferos	Reptiles	Anfibios	Peces	Invertebrados					Estructura geológica					
Recurso 1																
Recurso 2																
Total																

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se desarrolló una matriz para facilitar el proceso de selección de la técnica de aumentación para cada recurso aumentable (ver Tabla 5). Así como la definición de las metáforas de navegación.

Tabla 6*Matriz para la determinación de técnicas de aumentación de los recursos*

	Técnica	Descripción	Tipo de conexión a Internet	Tipo de disparador o tracker	Necesidad de generar tracker previamente	Nivel de complejidad
Basada en marcadores		Esta técnica requiere de una imagen estática conocida como imagen de activación. Además de activar el escaneado móvil, puede aparecer información adicional, como animaciones, vídeos o 3D, encima del marcador.	Sin internet	Imagen no figurativa (marker)	Sí	Baja
	Mapeo y localización simultáneos (SLAM)	Técnica para situar objetos o imágenes virtuales en el mundo real. Se utiliza para manejar problemas difíciles de simulación de RA sin los requisitos de software o algoritmos.	Estable	Plano horizontal o vertical	No	Media
Sin marcadores	Basada en geolocalización o GPS	Reconoce los sensores de un dispositivo móvil y permite colocar objetos en una ubicación específica y recuperarlos independientemente de las condiciones meteorológicas o la hora del día.	Estable	Posición GPS	No	Baja
	Basada en superposición	Como indica su nombre, esta tecnología superpone información visual sobre un elemento físico. Es decir, la vista original se sustituye total o parcialmente por una vista aumentada.	Sin internet	Modelo 3D	Sí	Media
	Basada en proyección	Permite interactuar con una superficie proyectando luz sintética sobre ella. Se utiliza para simplificar tareas manuales complejas. En este caso, el activo digital añadido por la realidad aumentada permanece	Sin internet	Plano horizontal o vertical	No	Media

inmóvil y ligado a un lugar
concreto de un lugar.

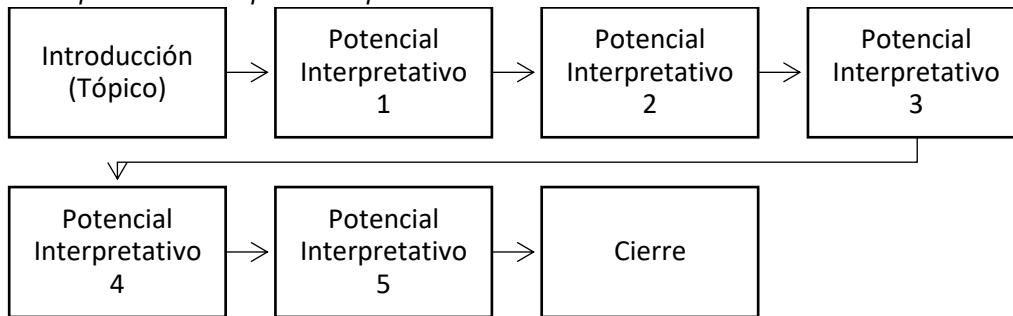
Fuente: (Dargan, Bansal, Kumar, Mittal & Kumar, 2023).

8.2 Diseño y programación de aumentaciones de sitios de interés

Según Ham (1992), para cada sendero se deben priorizar 7 puntos para ser interpretados y aumentados porque las personas comprenden y recuerdan con facilidad entre cinco a siete ideas a lo largo de un sendero (ver Figura 3). Por otro lado, la ubicación de los puntos se basa en la propuesta técnica definida por criterios según la dinámica propia de cada sendero con respecto al sitio de ingreso, desplazamiento y cierre del recorrido, los que se evalúan según la disponibilidad del espacio físico, sentido lógico de la ubicación acorde a los recursos in situ o ex situ, grado de saturación del recorrido.

Figura 3

Puntos con potencial interpretativo para un sendero con realidad aumentada



Fuente: Elaboración propia.

A medida que se validaban los puntos de interés y se seleccionaban aquellos a aumentar, se inició un proceso individual de lluvia de ideas para crear la metáfora de aumentación. Este proceso involucró a los investigadores, quienes, basándose en la información recolectada y definida como relevante, realizaron las propuestas. Para cada punto, se creó una metáfora con el objetivo de potenciar la información obtenida de las entrevistas y la búsqueda referencial. Esto proporcionó una guía a los programadores para desarrollar una primera propuesta, la cual debía ser validada por uno de los expertos en realidad aumentada del proyecto. A partir de esto, se realizaron iteraciones que se mejoraban en las revisiones hasta llegar a un punto de satisfacción con el producto. No se destinó más de un mes en cada punto, debido a la cantidad de puntos que se requerían desarrollar, lo que también repercutió en la flexibilidad de los criterios de revisión y aceptación. La cantidad de trabajo generada fue cubierta por cuatro estudiantes de computación y un solo diseñador artístico, lo que generó presión en los programadores para poder completar las tareas.

Al completar todos los puntos de un área silvestre protegida, se realizaron pruebas básicas de uso para determinar si había coherencia en las escenas y la aplicación. Una sola persona se encargó de unir todas las escenas y compilar todo en una sola aplicación. Para ello, se utilizó un repositorio

digital para el código fuente que era administrado por un solo programador, mientras que los demás debían seguir las reglas para realizar las actualizaciones y mantener el orden del proyecto.

Este proceso también incluyó unas semanas de aprendizaje, ya que los estudiantes no poseían las competencias técnicas sobre la herramienta, lo que generó algunos retrasos en el programa y trabajo adicional en las etapas finales del proyecto.

Otro aspecto importante era contar con todo el material digital artístico a tiempo. Por lo tanto, lo primero que se hacía una vez creadas las metáforas, era enviar al diseñador gráfico los elementos requeridos, ver cuáles se podían hacer y cuáles se debían conseguir. Esto permitió que los programadores no tuvieran mucho tiempo ocioso. Los elementos que no se iban a diseñar se conseguían en tiendas gratuitas para evitar infringir derechos de propiedad.

El desarrollo se llevó a cabo mediante una metodología ágil denominada SCRUM, ya que los estudiantes e investigadores del área de computación la dominan, lo que facilitó el control y seguimiento de las tareas.

El uso de la librería Vuforia también permitió desarrollar las aumentaciones con menos contratiempos, ya que está muy bien documentada y es muy estable para desarrollar estas aplicaciones.

8.3 Validación de la aplicación

En la

Tabla 7 está la herramienta diseñada para la evaluación de la propuesta. Este instrumento fue aplicado a guardaparques y expertos de computación y turismo que observaron la aplicación desarrollada.

Tabla 7*Matriz de indicadores de turismo sostenible para la evaluación de la propuesta*

Indicadores de Turismo Sostenible	Descripción	Impacto				
		Totalmente de acuerdo (4)	De acuerdo (3)	Indiferente (2)	En desacuerdo (1)	Totalmente de desacuerdo (0)
Relevancia	La herramienta aborda temas y problemáticas que tienen un impacto significativo en la zona					
Mantenimiento	La herramienta puede recibir mantenimiento regularmente y el costo de este no sobrepasa la utilidad de la herramienta					
Significado	La herramienta está claramente definida y puede ser entendida sin ambigüedad por sus usuarios. La herramienta refleja el concepto.					
Disponibilidad	La herramienta y su información asociada está disponible regularmente. Es fácil acceder a esta información cuando sea requerido					
Sensitividad	Cambios efectuados sobre la herramienta tienen un efecto directo en la manera en que los usuarios la utilizan					
Fiabilidad	La herramienta permite que dos personas distintas puedan experimentar el mismo resultado al utilizarse					
Comparabilidad	La herramienta y su contenido permite contrastar distintas áreas y conceptos+					
Referenciabilidad	La herramienta puede ser utilizada como punto de referencia para obtener más información a futuro*					
Apego	La herramienta permite establecer un conecte emocional con el contenido representado					

Fuente: Adaptada de Griffin, Morrissey y Flanagan (2011).

9 Análisis de resultados

La tabla 7 describe los principales resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto.

Tabla 8
Resultados del proyecto

Resultado	Descripción
Inventario de recursos	Se identificaron un total de 88 recursos en las tres áreas silvestres protegidas para la investigación (Parque Nacional Volcán Arenal (PNVA), el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Caño Negro (RNVSMCN) y el Parque Nacional Juan Castro Blanco (PNAJCB))
4 propuestas de senderos interpretativos aumentables	Se lograron crear las metáforas de aumentación para los senderos que ya existen en los parques.
Aplicación	<p>Se ha creado una aplicación que incluye un total de 28 aumentaciones, distribuidas en 7 por cada sendero. Esta aplicación también cuenta con características adicionales como mapas, un instructivo de uso y utiliza marcadores para su ejecución. Además, se ha implementado un proceso de validación llevado a cabo por usuarios expertos.</p> <p>Cabe destacar que la aplicación se encuentra disponible para ser visualizada en los idiomas inglés y español, y está diseñada para funcionar en dispositivos móviles que operan bajo los sistemas operativos Android e iOS.</p>
Metodología para el diseño de senderos turísticos de interpretación con realidad aumentada en áreas silvestres protegidas	Se está trabajando en la redacción de un artículo científico que explique y evalúe el proceso seguido para el diseño de los senderos.

Fuente: Elaboración propia.

De manera más específica, en la tabla 8 se presentan el número de recursos clasificados por ASP y categoría.

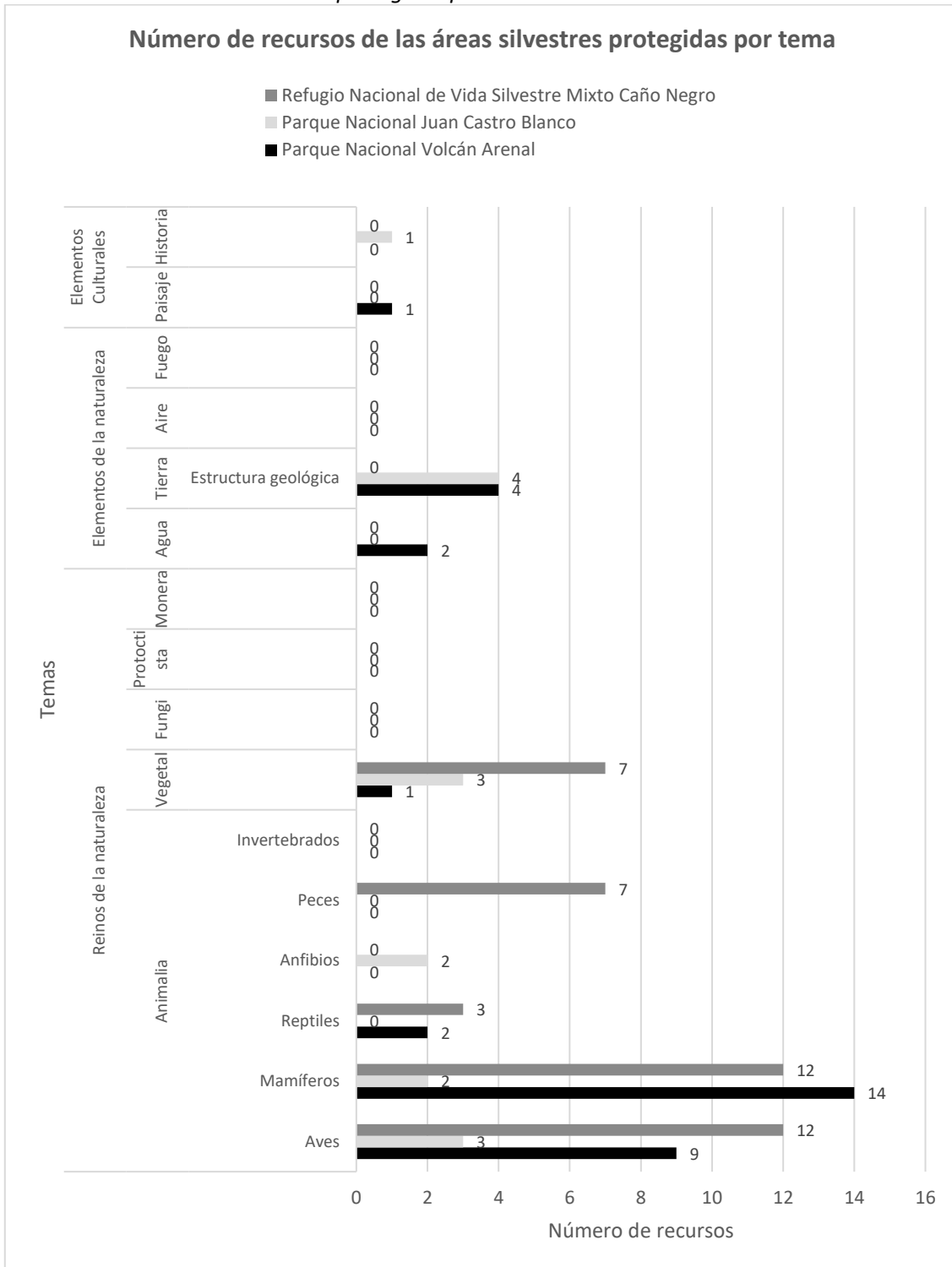
Tabla 9*Inventario de recursos por ASP y categoría*

	Número de recursos
PNAJCB	15
Cuerpo de agua	1
Formaciones geológicas	3
Suceso histórico	1
Objetos de conservación	10
PNVA	33
Formaciones geológicas	3
Formaciones geológicas/cuerpos de agua	1
Punto de valor escénico o paisajístico	3
Sucesos históricos	1
Objetos de conservación	25
RNMVS	40
Objetos de conservación	40
Total	88

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se llevaron a cabo clasificaciones de los recursos de las áreas protegidas según las categorías de los temas: Reinos de la naturaleza, Elementos de la naturaleza y Elementos culturales (ver Figura 4). Esto destaca la necesidad de fortalecer la recopilación de datos en estas ASP, especialmente en algunos temas donde se identificó una falta de información.

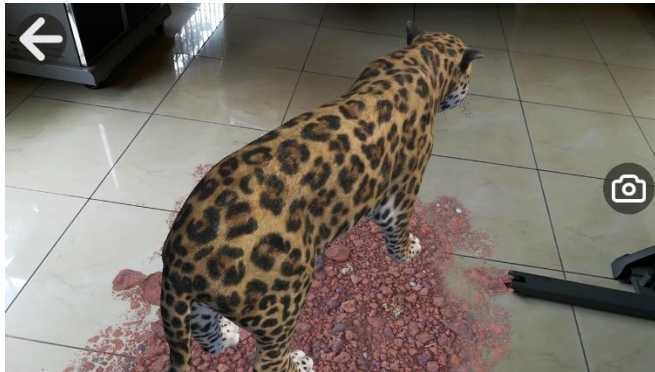
Figura 4
Número de recursos de las áreas protegidas por tema



En la Figura 5, se presenta un modelo tridimensional del volcán Arenal que simula una erupción. La escena incluye movimiento de lava, la aparición de humo, la reproducción de un audio que brinda

Figura 7

Escena 5 en la aplicación del sendero del RNVSMCN



La Figura 8 muestra la sexta escena de la aplicación de realidad aumentada para el sendero del Parque Nacional Juan Castro Blanco (PNJCB). En esta, se visualiza un modelo tridimensional de un terreno que simula la laguna de Pozo Verde. Al iniciar la escena, se reproduce un audio que ofrece información detallada sobre el sitio y se destaca la profundidad de la laguna.

Figura 8

Escena 6 en la aplicación del sendero del PNJCB



Para obtener un mayor detalle de la aplicación desarrollada, puede visualizar un video demostrativo disponible en el siguiente enlace: <https://youtu.be/6lcDvXaT7Zl>.

10 Logro del propósito y los componentes

El propósito de este proyecto fue contribuir en los procesos de innovación tecnológica en áreas silvestres protegidas de la Región Huetar Norte para el mejoramiento de la experiencia turística a través de una herramienta tecnológica para la aumentación de puntos de interés dentro de los senderos. Se considera que el grado de avance del proyecto fue de un 92.5%. Seguidamente, se describe el porcentaje de logro por componente.

Tabla 10*Porcentaje de logro por componente*

Propósito: Contribuir en los procesos de innovación tecnológica en áreas silvestres protegidas de la Región Huetar Norte para el mejoramiento de la experiencia turística a través de una herramienta tecnológica para la aumentación de puntos de interés dentro de los senderos.			
Componentes	Indicador	% de logro	Comentarios
C1: Determinar puntos de interés a ser aumentados en cada área protegida seleccionada.	-Lista base de puntos con potencial turístico. -Registro fotográfico de cada especie y/o elemento seleccionado para cada punto de la lista base. -Geolocalización de cada punto seleccionado de la lista base.	100%	Se recopiló un inventario de 88 recursos.
C2: Selección de puntos por aumentar.	Matriz de criterios de selección de los puntos por aumentar	100%	Para cada sendero se priorizaron 7 puntos para ser interpretados y aumentados.
C3: Recolectar los datos con los insumos necesarios para el diseño y propuesta de realidad aumentada en los puntos seleccionados.	Fuentes digitales -Información digital de las especies y/o recursos seleccionados (Archivos, páginas web oficiales, registros institucionales).	100%	Se identificaron un total de 88 recursos.
C4: Construcción de las aumentaciones en el ambiente de desarrollo Unity	Espacio en Realidad Aumentada para cada sitio de interés	100%	Se construyó una aplicación que contiene: 4 senderos. Cada sendero tiene 7 puntos aumentados.
C5: Creación de aplicación para dispositivo móvil que incluya todas las aumentaciones.	Consolidado de todos los sitios de interés en Realidad Aumentada en una sola aplicación para dispositivo móviles Android y iOS	100%	La aplicación funciona para dispositivo móviles Android y iOS.
C6: Validación de la aplicación con usuarios reales.	Aplicación validada con correcciones y pruebas de uso.	100%	La aplicación fue validada por usuarios reales. Además, se hicieron pruebas de sistema. Se corrigieron los defectos encontrados.
C7: Lanzamiento de la aplicación al público.	Aplicación terminada y descargable en dispositivos móviles.	50%	La aplicación está terminada y se generó el apk para que pueda ser instalada en los dispositivos móviles. Sin embargo, la institución todavía NO tiene un protocolo definido para poder publicar la aplicación en las tiendas de Google Play y iOS. Por lo tanto, no fue posible realizar la actividad de lanzamiento oficial.

11 Integración de la academia

La interacción con la academia se dio en tres espacios el primero con la posibilidad de tener estudiantes que realizaron su trabajo final de graduación a nivel de bachillerato en computación. El segundo espacio fue con el apoyo a nivel de desarrollo de la aplicación con los estudiantes asistentes de la carrera de ingeniería en computación. Ambos fueron vitales para que el proyecto pudiera ser completado con éxito. El tercer momento, fue el apoyo recibido por parte de los estudiantes de la Carrera de Turismo Rural Sostenible en la recopilación de los datos.

11.1 Asistencias estudiantiles

Seguidamente, se muestran los estudiantes que participaron como asistentes especiales en el proyecto y sus respectivas actividades.

Tabla 11

Asistentes especiales por carrera y actividad

Nombre del estudiante	Carrera	Actividades realizadas
Isaac Martínez Porras	Carrera de Gestión de Turismo Rural Sostenible (GTRS)	Documentación de puntos de interés. Recopilación de datos.
Jesús Gabriel Araya López	Carrera de Ingeniería en Computación San Carlos	Desarrollo de aplicación en Unity
Anthony Jafeth Arias Robleto	Carrera de Ingeniería en Computación San Carlos	Desarrollo de aplicación en Unity y Diseño de Interfaces
Joshua Esteban Sancho Burgos	Carrera de Ingeniería en Computación San Carlos	Desarrollo de aplicación en Unity
Kevin Camacho Araya	Carrera de Ingeniería en Computación San Carlos	Desarrollo de aplicación en Unity
Nelson Vega Soto	Carrera de Ingeniería en Computación San Carlos	Desarrollo de aplicación en Unity
Randall Madriz Coto	Carrera Ingeniería en Computación Cartago	Modelado 3D
Carlos Akion Garro Campos	Carrera de Ingeniería en Computación San Carlos	Desarrollo de aplicación en Unity
Bryam Steven Lopez Miranda	Carrera de Ingeniería en Computación San Carlos	Desarrollo de aplicación en Unity
Josué Daniel Chaves Araya	Carrera de Ingeniería en Computación San Carlos	Desarrollo de aplicación en Unity
Víctor Gabriel Mejías Salas	Carrera de Ingeniería en Computación San Carlos	Desarrollo de aplicación en Unity

11.2 Trabajos de grado y postgrado

Tabla 12

Trabajos de grado

Nombre de obra	Tipo de obra (TFG, prácticas de especialidad, Tesis)	Autores	Enlace al documento
Información aumentada del área silvestre protegida Arenal Sector Península de Costa Rica	Práctica profesional	Jesús Gabriel Araya López	Anexo 4
Información aumentada del área silvestre protegida Arenal Observatorio de Costa Rica	Práctica profesional	Nelson Andrey Vega Soto	Anexo 3

11.3 Cursos

Tabla 13

Actividades realizadas en el proyecto por los cursos

Curso	Carrera	Objetivo del curso	Actividades realizadas (giras académicas, proyectos de cursos, actividades de clase)	Evidencias (enlace al documento)
TR-4233 Organización Comunal Y Turismo GR 50	Carrera de Turismo Rural Sostenible	<p>Objetivo gira: Identificar la percepción de la población en las comunidades respecto al turismo en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de la Región Huetar Norte mediante la aplicación de una entrevista para el conocimiento del escenario de aplicación de la Realidad Aumentada en Áreas Silvestres Protegidas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ENLACE CUESTIONARIO • https://forms.gle/qgbme8USSeAk1x2U6 	<p>Gira académica al Parque Nacional Volcán Arenal. Actividad realizada el 30 de agosto.</p>	<p>Abarca Arguedas Valeria Cristina Andrade Prendas Byron Steven Domínguez Duarte Marisol Martínez Porras Isaac Orlando Miranda Araya José Antonio Obando Morales Leonardo Enrique Rodríguez Castro Juan Miguel Rodríguez Vargas Adrián Joaquín</p>
			<p>Gira académica al Refugio Nacional Mixto</p>	<p>Domínguez Duarte Marisol</p>

			de Vida Silvestre Caño Negro. Actividad realizada el 16 de noviembre. Actividad conjunta con el curso	Martínez Porras Isaac Orlando Obando Morales Leonardo Enrique Rodríguez Castro Juan Miguel Rodríguez Vargas Adrián Joaquín Vega Herrera Luis Daniel
--	--	--	---	---

12 Cumplimiento del plan de difusión

Se participó el 8 de setiembre en el Segundo Encuentro Mesoamericano de Sostenibilidad organizado por la Universidad de Costa Rica en el Auditorio de la Sede de Occidente del 6 al 8 de setiembre de 2023 con la ponencia Información aumentada de áreas silvestres protegidas de Costa Rica.

A pesar de contar con videos, entrevistas y la aplicación finalizada para su implementación en las ASP, el lanzamiento de la aplicación no pudo llevarse a cabo más allá de las validaciones con los entes participantes propuestos. Aunque se ha estado abordando este asunto durante poco más de 5 meses, aún se está a la espera de que el TEC establezca el protocolo necesario para poder cargar la aplicación en las respectivas tiendas de Apple y Google Play. Dado que este aspecto no se ha llevado a cabo, y en consideración de no lanzar una aplicación que las personas no pueden descargar, se ha decidido posponer el lanzamiento.

Esta situación ha generado inquietud entre los grupos de interés que esperan ansiosos el trabajo, ya que no se quiere que el esfuerzo invertido se pierda. Actualmente, se está desarrollando una publicación, con un enfoque científico en la que se amplían los desafíos enfrentados en el desarrollo de esta aplicación. Esta publicación está programada para ser enviada a la revista durante el primer semestre de 2024.

No se tiene planeada alguna publicación a nivel de extensión debido a la incertidumbre en cuanto a la fecha en que se podrá lanzar la aplicación. Lamentablemente, hablar sobre algo que el público no puede usar establece una limitación para abordar este aspecto de manera efectiva. Sin embargo, en caso de resolver la situación y lograr subir la aplicación a la tienda, se cuenta con la aprobación de todas las partes interesadas para realizar el lanzamiento correspondiente.

13 Ejecución presupuestaria

Detalle del presupuesto asignado, su ejecución y su justificación en las partidas con baja ejecución.

Tabla 14

Ejecución presupuestaria

Partida específica	Monto solicitado	Monto ejecutado	Porcentaje ejecución	Justificación
Alimentos y bebidas	100,000.00	100,000.00	100	
Servicios internos unidad de transportes	700,000.00	214,682.00	30.66	-Se logró coordinar sesiones de trabajo de manera virtual, por lo que se cambió la planificación de actividades reduciendo la necesidad de desplazamientos. -Los roles del personal del SINAC limitaban la disponibilidad para la atención presencial del grupo de investigación. -La cancelación de los eventos de lanzamiento. -No se permitió trasladar el presupuesto del II semestre del año 2022 al I semestre del año 2023. El proyecto se ejecuta en fin de un año e inicio del otro lo que complico la operación de este.
Viáticos dentro del país	50,000.00	32,600.00	65,2	Dado que no se pudieron realizar giras en la segunda mitad del proyecto, se tuvo que buscar apoyos para transporte y no se pudieron ejecutar los fondos de viáticos.

Equipo y programas de cómputo	500,000.00	430,650.00	86,13	Se logró una negociación exitosa con el proveedor que resultaron en ahorros en los costos del equipo.
Becas estudiante asistente especial	1,950,000.00	1,693,329.33	86,83	Como se ejecutó en dos medios semestres, no quedaron fondos en cada semestre sin ejecutar por el cambio de año.

14 Limitaciones y problemas encontrados

Durante el desarrollo del proyecto, una de las limitaciones destacadas fue la carencia de un protocolo establecido para el diseño de senderos interpretativos mediante realidad aumentada. Como respuesta a este vacío, fue necesario crear una metodología específica para la integración de recursos interpretativos aumentables en senderos o recorridos, lo cual llevó más tiempo del inicialmente previsto (Huertas & Iglesia, 2023).

Adicionalmente, el aprovechamiento de aplicaciones de realidad aumentada enfrenta diversos obstáculos. La falta de familiaridad de los usuarios con esta tecnología constituye un desafío, complicando su adopción y comprensión. Además, el diseño de la aplicación puede enfrentar contratiempos derivados de problemas técnicos, subrayando la necesidad imperante de que los desarrolladores aseguren la descarga fluida y consideren aspectos como el acceso a Internet durante el proceso de diseño (Huertas & Iglesia, 2023).

Los desplazamientos a los sitios generaron costos significativos en el proyecto, que, al iniciarse a mitad de año y terminar en el siguiente, ocasionaron trabajo administrativo adicional y complicaron la ejecución. La pérdida de fondos de la primera parte del proyecto, al no poder transferirse al siguiente año, también impactó negativamente.

La ausencia de un protocolo aprobado y operativizado por parte de la institución para subir aplicaciones a las tiendas y la falta de licencias institucionales para facilitar este proceso generan incertidumbre, impidiendo la oferta del producto al público.

La información que se podía aumentar no estaba completamente documentada y disponible, lo que resultó en la necesidad de rellenar algunas escenas con información complementaria. Algunas de las escenas de la aplicación debieron pasar por procesos extensos de validación o experimentaron numerosos cambios, prolongando el desarrollo más allá del tiempo estimado.

La falta de equipo en la institución para probar aplicaciones en el entorno iOS, un sistema operativo ampliamente utilizado en teléfonos móviles, restringió la capacidad para verificar la funcionalidad de la aplicación. El equipo para realizar este proceso llegó cuatro meses después de la finalización del proyecto.

15 Observaciones generales y recomendaciones

Este proyecto concluyó en junio de 2023, presentando como principales resultados: un inventario detallado de recursos por Área Silvestre Protegida (ASP), la propuesta de cuatro senderos interpretativos mejorables, el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles compatible con Android y iOS que incluye 28 puntos aumentables, y una propuesta metodológica para el diseño de senderos turísticos de interpretación con realidad aumentada en áreas silvestres protegidas.

En cuanto a los productos derivados de este proyecto, es fundamental señalar que la aplicación tiene como propósito mejorar la experiencia del usuario durante su visita a los senderos en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP). No obstante, es importante destacar que la medición del impacto de la aplicación se ve obstaculizada por la imposibilidad de instalarla actualmente. La propuesta busca enriquecer la experiencia ofrecida a los visitantes, brindándoles acceso a información adicional a través de imágenes, audios, videos y otros recursos de interpretación ambiental interactivos. Estos recursos incluyen datos de geoposicionamiento, juegos, y otras herramientas que buscan complementar la experiencia del usuario en el entorno natural.

Aunque se ha desarrollado una aplicación con un gran potencial, es importante señalar que la implementación de esta herramienta no estaba inicialmente contemplada en el alcance del proyecto. Por lo tanto, sería conveniente gestionar recursos adicionales para llevar a cabo este proceso, permitiendo así que las ASP puedan aprovechar plenamente esta herramienta.

Se planteó posteriormente a la finalización del periodo de ejecución del proyecto en el TEC, la posibilidad de que la aplicación permita a personas con discapacidad disfrutar de algunas experiencias, pero esto debe ser revisado con los encargados del parque y con expertos del área. Esto le puede dar un valor extra a la aplicación y una oportunidad para personas con discapacidad de disfrutar de las experiencias.

Se debe continuar con los procesos de protección de la aplicación, de los elementos creados como por ejemplos los objetos 3D como el gaspar que no existen y que fueron creados para el proyecto. No son únicos, pero son de autoría de un estudiante que los diseñó utilizando imágenes para darse la idea.

Finalmente, es crucial llevar a cabo una evaluación posterior sobre la percepción y experiencia de uso por parte de los usuarios de la aplicación, así como por parte de funcionarios y empresas turísticas. Otros aspectos importantes que deben ser analizados en relación con la aplicación incluyen la usabilidad, flexibilidad y adecuación. Asimismo, se recomienda llevar a cabo capacitaciones para los guías turísticos y guardaparques sobre el uso efectivo de la aplicación.

16 Agradecimientos

Se agradece el apoyo y disponibilidad para el desarrollo del proyecto por parte de funcionarios del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), en cada una de las tres áreas silvestres protegidas incluidas en este proyecto: Parque Nacional Volcán Arenal, Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco (PNAJCB) y el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Caño Negro (RNVSMCN). Además, de la colaboración de COOPELESCA Tours. La fuente de los fondos para el desarrollo del proyecto corresponde a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) del Instituto Tecnológico

de Costa Rica (TEC), Costa Rica. Se destaca el papel de los estudiantes asistentes del proyecto quienes han participado en visitas de campo, aplicación de entrevistas, revisión de literatura, desarrollo del prototipo de la aplicación: Jesús Gabriel Araya López, Kevin Camacho Araya, Isaac Orlando Martínez Porras, Joshua Sancho Burgos, Magaly Segura Arias, Nelson Vega Soto, Randall Madriz Coto, Akion Garro Campos, Anthony Jafeth Arias Robleto, Bryam Steven Lopez Miranda, Josué Daniel Chaves Araya y Víctor Gabriel Mejías Salas.

17 Referencias

Banchón Naranjo, A. B. (2018). *Estudio de factibilidad para la implementación de un centro de interpretación del patrimonio cultural y natural de Yaharcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Guayaquil, Facultad de Comunicación Social. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35008>

Barrantes Echavarría, R. (2007). *Investigación: un Camino al Conocimiento, un Enfoque Cualitativo y Cuantitativo* (Segunda ed.). San José: EUNED.

Caiza Bravo, A. J. (2018). *Diseño de un plan de interpretación del patrimonio para los sitios de visita asociados a la ruta del cacao, cantones: Quito, San Miguel de los Bancos, Pedro Vicente Maldonado y Puerto Quito, provincia de Pichincha*. Tesis de Licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería en Ecoturismo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8407>

CEPAL. (2020a). *Medidas de recuperación del sector turístico en América Latina y el Caribe: una oportunidad para promover la sostenibilidad y la resiliencia*. Informes COVID-19. Recuperado el 16 de febrero de 2023, de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45770-medidas-recuperacion-sector-turistico-america-latina-caribe-oportunidad-promover>

CEPAL. (4 de agosto de 2020b). *El rol de los recursos naturales ante la pandemia por el COVID-19 en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 16 de febrero de 2023, de <https://www.cepal.org/es/enfoques/rol-recursos-naturales-la-pandemia-covid-19-america-latina-caribe>

Dargan, S., Bansal, S., Kumar, M., Mittal, A., & Kumar, K. (2023). Augmented Reality: A Comprehensive Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 1057-1080. doi:<https://doi.org/10.1007/s11831-022-09831-7>

Griffin, K., Morrissey, M., & Flanagan, S. (2011). The Trials and Tribulations of Implementing Indicator Models for Sustainable Tourism Management: Lessons from Ireland. En M. Budruk, & R. Phillips (Edits.), *Quality-of-Life Community Indicators for Parks, Recreation and Tourism Management* (Primera ed., págs. 201-227). Springer Dordrecht. doi:https://doi.org/10.1007/978-90-481-9861-0_11

Ham, S. (1992). *Interpretación ambiental: una guía práctica para gente con grandes ideas y presupuestos pequeños*. North American Press.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México, DF: Mcgraw-hill. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38911499/Sampieri.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DSampieri.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSBJ6BAOZYCYQ3%2F20200507%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-
- Huertas, A., & Iglesia, J. G. (2023). Augmented reality limitations in the tourism sector. *Disertaciones: Anuario electrónico de estudios en Comunicación Social*, 16(1). Recuperado el 16 de noviembre de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8796832>
- Lozano, P., & Castro, K. (2015). Evaluación del potencial interpretativo para el aprovechamiento turístico de los sitios destinados a la pesca vivencial de las áreas protegidas de Galápagos. *European Scientific Journal*, 11(20), 56-78. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/236413972.pdf>
- Méndez Álvarez, C. E. (2001). *Metodología: Diseño y desarrollo del proceso de investigación* (Tercera ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Montaván Ardón, S. Y. (2017). *Diseño de una estrategia para implementar un museo interactivo de educación integral para apoyar la educación ambiental dentro del Parque Nacional Naciones Unidas Amatitlán, Guatemala*. Tesis Doctoral, Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUSAC13291>
- Núñez Chacón, M. (8 de diciembre de 2020). Tímida recuperación en comercio, servicio y turismo se proyecta para 2021. *Semanario Universidad*. Recuperado el 16 de febrero de 2023, de <https://semanariouniversidad.com/pais/timida-recuperacion-en-comercio-servicio-y-turismo-se-proyecta-para-2021/>
- Ruiz, C. (2008). El enfoque multimétodo en la investigación social y educativa: una mirada desde el paradigma de la complejidad. *Teré: revista de filosofía y socio-política de la educación*, 8, 13-28. Recuperado el 23 de setiembre de 2020, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2785456.pdf>
- Solano-Camacho, K. E. (2021). *Diseño de experiencia de aplicación de realidad aumentada para visitantes del Monumento Nacional Guayabo*. Tesis, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Diseño Industrial, Cartago, Costa Rica. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13889>
- Villagrán Andrade, M. J. (2015). *Estudio de factibilidad para la implementación de un centro de interpretación del patrimonio cultural y natural de Yaharcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura*. Tesis de Licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4239>

18 Apéndice

En la carpeta de Anexos, se adjunta junto con este documento una carpeta digital que contiene el instrumento utilizado para la recopilación de datos de los recursos de las áreas silvestres protegidas. Además, se incluye un archivo de Excel con el inventario detallado de los 88 recursos identificados. Asimismo, se encuentran los dos informes de práctica profesional desarrollados por estudiantes en el marco de este proyecto.

También, se proporciona el enlace al video demostrativo que ilustra el funcionamiento de la aplicación, junto con el archivo APK para su instalación en dispositivos móviles. Finalmente, se ha incluido una carpeta con fotografías tomadas durante las giras realizadas.

1. INSTRUMENTO - GUÍA ENTREVISTA INFORMANTES CLAVE.docx
2. MATRIZ-datos.xlsx
3. Informe Final - Nelson Vega Soto.pdf
4. Informe Final Gabriel Araya.pdf
5. Video Demostrativo: <https://youtu.be/6lcDvXaT7ZI>
6. APP: <https://github.com/rgonzaleztec/aspcglab/releases>
7. Fotos