



Sistema inteligente que facilita el aprendizaje de identificación de aves por medio de escaneo de imágenes

Smart system that facilitates the learning process of bird identification via image scanning.

Sabrina García-Arias¹

Krisshell M. Godínez-Peña²

S. García, y K. Godínez "Sistema inteligente que facilita el aprendizaje de identificación de aves por medio de escaneo de imágenes", IDI+, vol. 6 no 2, Ene., pp. 33-47, 2024.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v6i2.6979>

Fecha de recepción: 12 de junio de 2023

Fecha de aprobación: 12 octubre de 2023

1. Sabrina García-Arias

Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial

Instituto Tecnológico de Costa Rica,

Cartago, Costa Rica

sabrinagarar@estudiantec.cr

 0009-0000-5406-4534

2. Krisshell M. Godínez-Peña

Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial

Instituto Tecnológico de Costa Rica,

Cartago, Costa Rica

krisshellgope@estudiantec.cr

 0009-0005-4260-2573

Resumen

El aviturismo de Costa Rica ha incrementado en los últimos años, los turistas nacionales e internacionales viajan desde muchos lugares exclusivamente para practicar esta actividad; sin embargo, aún se presentan desafíos de promoción, ya que, en general, existe una creencia sobre que solo la pueden realizar personas con conocimiento previo, lo que ocasiona que personas interesadas pierdan la motivación y no den el paso hacia la práctica de esta.

Para abordar este problema y abrir las puertas a nuevos interesados en la observación de aves, se ideó una solución innovadora basada en la metodología Design Thinking, la cual se refiere a un proceso que se centra en buscar soluciones creativas a problemas específicos en equipo, donde la iteración y retroalimentación colectiva son la clave del proceso. En este caso, se crea como resultado a Batsù, un dispositivo inteligente que busca romper la barrera que dificulta el aprendizaje y la identificación de aves en el momento de la actividad de observación. Su creación busca incentivar a nuevos usuarios a insertarse en el mundo del aviturismo, impulsar las actividades turísticas del país, promover el aprendizaje y la conservación del rico patrimonio ornitológico de Costa Rica.

Es así como Batsù representa un gran avance en la promoción del aviturismo, al facilitar el acceso y la participación de nuevos apasionados en el área, lo que contribuye al desarrollo del turismo sostenible en el país y al fortalecimiento de la conciencia ambiental.

Palabras clave

Dispositivo inteligente; identificación de aves; aviturismo; especies; turismo.

Abstract

Birdwatching tourism in Costa Rica has increased in recent years, with national and international tourists traveling from many places solely to engage in this activity. However, there are still promotion challenges, as there is a common belief that only people with prior knowledge can partake in it, causing interested individuals to lose motivation and refrain from taking the plunge into birdwatching.

To address this issue and welcome new enthusiasts to birdwatching, an innovative solution based on Design Thinking methodology was conceived, resulting in the creation of Batsù, an intelligent device aimed at breaking down the barriers that hinder learning and bird identification during observation activities. Its development aims to encourage new users to immerse themselves in the world of birdwatching, boost the country's tourism sector, and promote the learning and conservation of Costa Rica's rich ornithological heritage.

Thus, Batsù represents a significant advancement in birdwatching promotion by facilitating

access and participation for new enthusiasts, contributing to the sustainable tourism development in the country, and strengthening environmental awareness.

Keywords

Smart device; bird identification; bird watching; species; tourism.

Introducción

Costa Rica se conoce por su amplia biodiversidad, siendo el país con más densidad de aves con respecto a su territorio. Esta característica la ha convertido en uno de los principales atractivos turísticos a nivel mundial [1]. Anualmente, recibe más de dos millones de turistas, de los cuales, 750.000 realizan actividades relacionadas con aves una vez que se encuentran en el país y 200.000 lo visitan con fines exclusivos a avistamiento de aves [2]. Con base en esta estadística, las instituciones gubernamentales, como el Instituto Costarricense de Turismo (ICT), han planteado estrategias para potenciar la imagen aviturística de Costa Rica [3], ya que, en años anteriores, esta se realizaba con fines investigativos, como conteos de aves, donde se busca recopilar información para conocer la realidad medioambiental y de avifauna presente en el país. Sin embargo, el interés y gusto por realizar la actividad de forma recreativa ha incrementado [4].

Actualmente, las personas interesadas en esta afición utilizan diferentes herramientas para su avistamiento, como los binoculares, la cámara, el telescopio y el parlante; mientras que, para identificar especies, suelen utilizarse guías físicas de especies o una aplicación digital en su dispositivo móvil [4].

En el mercado actual, no existe un producto inteligente diseñado exclusivamente para facilitar el proceso de identificación de especies de aves. Entiéndase producto inteligente como un aparato electrónico o sistema que utiliza tecnología avanzada para realizar tareas de forma autónoma, interactuar con su entorno y comunicarse con otros dispositivos o usuarios. Estos dispositivos suelen contar con sensores, conectividad a Internet y capacidades de procesamiento de datos, lo que les permite recopilar información, tomar decisiones y realizar acciones basadas en el contexto en el que se encuentran [5].

Debido al creciente interés por esta actividad, ha aumentado la cantidad de nuevos usuarios que presentan necesidades específicas que el mercado actual no satisface por la nula existencia de dispositivos dirigidos a esta área [6]. Esta es la raíz del principal problema encontrado, el cual es que el proceso de aprendizaje para realizar avistamientos de aves de forma recreativa posee una curva de aprendizaje alta, lo que perjudica el disfrute del avistamiento.

La principal causa de este problema es la creencia de que se debe tener conocimiento previo para realizar la actividad, esto genera frustración en los usuarios, ya que encuentran abundancia

de información técnica y la falta de un instrumento que permita la identificación de especies durante la observación. Esto ocasiona que, aunque exista un interés entre las personas, estas decidan no hacerlo o no sientan la libertad de practicarla sin ayuda de un especialista [6].

Una vez analizado el problema, sus causas y efectos, se destaca el potencial económico y social que existe en la posibilidad de una herramienta que ayude a incrementar la participación de nuevos usuarios en el aviturismo, la cual puede ser abordada desde la disciplina de la Ingeniería del Diseño Industrial.

Los profesionales de esta disciplina tienen la capacidad de involucrarse de forma integral en todo el proceso, desde sentir empatía con los usuarios hasta brindar soluciones prácticas que satisfagan sus necesidades [7]. Por ello, la importancia de resolver la problemática en el aviturismo recae en la capacidad de los profesionales de involucrarse en todo el proceso. Dada la situación económica actual en Costa Rica, donde el turismo ha sido afectado especialmente desde el inicio de la pandemia [8], el aviturismo puede ser una estrategia beneficiosa para la economía del país.

Con el objetivo de apoyar esta mejora, se crea una herramienta tecnológica que facilite el aprendizaje de los usuarios interesados en la avifauna, superando la barrera del conocimiento previo. Esta investigación tiene un impacto económico y tecnológico, al brindar una propuesta innovadora y adaptada a las necesidades de los usuarios. Tras el proceso de investigación y detección del problema, se plantea el objetivo general de este estudio, el cual es facilitar el proceso de aprendizaje de identificación de aves por medio de un *gadget* inteligente. Esto mediante la identificación de aves por medio del escaneo de imágenes y el diseño de una morfología que facilite su transporte y manipulación.

Metodología



Fig. 1. Etapas de *Design Thinking*. [9]

Design Thinking

Se seleccionó la presente metodología, ya que es un proceso que combina diferentes perspectivas, como la tecnológica, de usuarios y negocios. Esta metodología promueve la innovación transformando de forma grupal la manera de abordar los problemas integralmente, por lo que se decide que es la mejor metodología para diseñar una solución [10].

1. Empatizar: esta etapa se utiliza para determinar las características de la audiencia a quien va dirigida el producto, mediante observación, encuestas y entrevistas; esto con el objetivo de encontrar información sobre los usuarios, necesidades y expectativas [10]. En la presente investigación, se utilizan dos herramientas: la primera, entrevistas a profesionales del área avifaunística que, además, son apasionados por las aves; para la aplicación de esta herramienta, se utilizaron como instrumentos, el correo electrónico para contactar a los profesionales y las videollamadas para conversar y realizar las respectivas preguntas. Como segunda herramienta, se aplicaron encuestas a potenciales usuarios para comprender las condiciones técnicas y de mercado del producto; en este último caso, se optó por elaborar un formulario con preguntas de selección única y respuesta corta para recolectar las opiniones de los usuarios.

2. Definir: en esta fase se especifican las necesidades de los usuarios mediante un análisis de la información recolectada en la etapa anterior. Esto permite analizar y comprender la profundidad del problema [10]. Por lo que, a partir de la información recopilada de las entrevistas y la encuesta, se realiza una síntesis de los principales hallazgos, para así obtener un listado de los requerimientos y requisitos del producto por diseñar. Para la presente investigación, se utilizaron herramientas como el análisis ergonómico donde se incluye el área de biomecánica, antropometría y carga cognitiva, a fin de determinar las dimensiones y morfologías más adecuadas, así como las características necesarias para la interacción con el producto. Además, se realizó un análisis perceptual, para determinar el *look & feel* del producto con relación al contexto de uso.

3. Idear: posteriormente, se generan la mayor cantidad de ideas posibles para el eventual diseño, buscando pensar de forma técnica, creativa e innovadora. Para facilitar el proceso de ideación, se debe estar abierto a críticas de otros miembros del equipo; esta etapa finaliza con la evaluación de las propuestas con criterios establecidos previamente [10]. También se definió un concepto de diseño para unificar los análisis anteriores, el cual se estableció como Aprendizaje Singular, el cual se refiere a un diseño que facilita el aprendizaje de identificación de aves mediante un proceso único e innovador. Una vez definidos los aspectos anteriores, se continuó con la realización de los bocetos, para generar diferentes propuestas y evaluarlas bajo parámetros con base en los requisitos de diseño planteados anteriormente.

4. Prototipar: en esta etapa, es necesario construir un prototipo para crear una representación física de la solución al problema, este debe contar con las funciones básicas para ser evaluadas

en la etapa posterior. Un prototipo le brinda al equipo de diseño la habilidad de visualizar el concepto de diseño, para así obtener una idea de la presencia física y características tangibles [10]. Para este proyecto en específico, fue necesario desarrollar primeramente el circuito electrónico a fin de hacer una comprobación de los componentes y su funcionamiento. Seguidamente, se procedió a realizar el modelado e impresión en 3D de sus partes que completó el prototipo final.

5. Probar: en esta última etapa, se presenta el prototipo y se somete a pruebas con usuarios, donde se utilizaron dos prototipos: uno para evaluar la funcionalidad y otro la interacción con el agarre. Esto debido a que las dimensiones de los componentes electrónicos disponibles no se ajustaban a las dimensiones del prototipo planteado, se reciben las opiniones y retroalimentación sobre el producto generado desde la perspectiva de los usuarios, quienes se caracterizan como personas que sienten gran atracción por aprender sobre especies y características de aves, pero no poseen experiencia realizando esta actividad. La totalidad de los *testers* son personas jóvenes que disfrutan las actividades al aire libre y están interesados en iniciar la actividad de observación de aves como una nueva actividad recreativa. De esta forma, se evalúa el funcionamiento y el proceso de análisis de los usuarios al momento de utilizar el prototipo [10]. A continuación, se presentan las técnicas utilizadas para la evaluación y validación del prototipo:

- **Diferencial semántico:** se selecciona esta herramienta para conocer las opiniones subjetivas a nivel perceptual de los usuarios sobre el producto [11], se creó un formulario donde se presentan cinco pares de adjetivos para evaluar el lenguaje visual del dispositivo en general y tres preguntas directas para evaluar el entendimiento de la iconografía con respecto a sus funciones.
- **Think-aloud protocol:** esta metodología propone presentar una serie de tareas para que los usuarios realicen; previo a hacerlas, se le comunica a los *testers* que deben “pensar en voz en alta”, esto para que los usuarios externen sus pensamientos a lo largo del proceso y obtener retroalimentación inmediata acerca de la facilidad o dificultad de las tareas. Esta metodología también incluye la observación detallada por parte de las evaluadoras, donde se pueden tomar fotografías o videos de aspectos específicos para el posterior análisis [11].
- **Entrevistas:** esta técnica se aplicará al final del protocolo, se definen seis preguntas concretas para obtener respuestas relacionadas a aspectos ergonómicos y confirmar los resultados perceptuales obtenidos en el formulario. Esta se aplicará a los usuarios de las pruebas presenciales una vez realizado el protocolo.

Resultados

Resultado de diseño

Batsù es un dispositivo inteligente dirigido a personas interesadas y apasionadas en la observación de aves, ya que permite una fácil identificación de estas. Está diseñado para ser un complemento al equipo fotográfico semiprofesional o profesional que suele acompañar a estos usuarios. Durante la actividad, se captan fotografías de aves con este equipo fotográfico, una vez obtenidas estas, el usuario puede utilizar a Batsù para escanear e identificar el ave que capturó.

El *gadget* posee una aplicación complementaria donde los usuarios pueden crear un registro de las aves que observan durante el recorrido. Este registro se crea conforme el usuario captura y envía esas capturas directamente hacia la aplicación.

En la figura 2, se presenta a Batsù en forma de exploso para mostrar sus partes y componentes. Este *gadget* se caracteriza por ser portátil y pequeño, ya que se considera el contexto del posible usuario; debido a que este tipo de actividad se suele practicar en la naturaleza al aire libre, donde, además, suelen cargar consigo otro tipo de equipo, como maletines, trípodes, binoculares y demás.

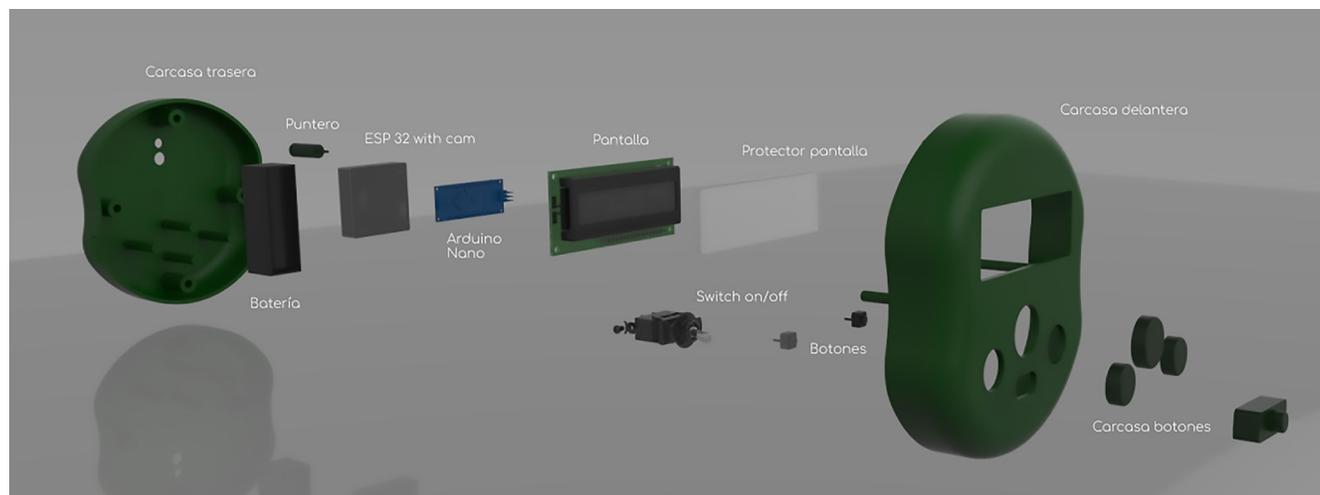


Fig. 2. Exploso de partes y componentes del dispositivo

Funciones inteligentes

- Capturar imagen: se ejecuta con el botón del centro que se observa en la figura 3, la cámara integrada al dispositivo es capaz de discernir entre el ave que se quiere captar y su fondo, para así poder realizar un escaneo de la imagen del ave e identificar la especie a la que corresponde.
- Enviar imagen: una vez que el usuario captura la imagen deseada, esta función le permite enviar la identificación realizada a la aplicación complementaria para iniciar un registro. El

usuario se debe guiar con la iconografía, la cual se muestra en la imagen presentada en la figura 3, para esta función se utiliza el botón de la derecha del dispositivo.

- Reiniciar: esta función le permite al usuario comenzar de nuevo el proceso, en caso de que ya haya enviado al registro, la identificación o que la captura no haya sido la deseada.
- Retroalimentación: en la figura 3 también se muestra que, a través de la pantalla, el usuario recibe la retroalimentación durante todo el proceso de la identificación, desde que inicia el escaneo (“capturando”) e identifica el ave (“jilguero peruano”), hasta que se envía la captura a la aplicación para registro y se reinicia el proceso. Estas últimas poseen un mensaje de confirmación (“presione de nuevo para enviar/reiniciar”) de dichas acciones para evitar errores.



Fig. 3. Botones de funciones inteligentes y pantalla con resultado.

Usabilidad

- Aprendizaje: se brinda un manual de uso donde se muestran, por medio de ilustraciones y poco texto, los pasos necesarios para el uso de Batsù. Esto permite que los usuarios atraviesen una curva de aprendizaje menos pronunciada y, a su vez, la interfaz sencilla del objeto no resulta abrumadora durante la primera interacción objeto-usuario.
- Eficiencia: el dispositivo tiene como uno de sus objetivos, disminuir el tiempo e insumos que normalmente se utilizan para identificar aves; esto, ya que, en el contexto actual, se utilizan guías físicas de especies de aves que pueden alargar el tiempo de identificación, si no se tiene un conocimiento previo en el tema o aplicaciones en el celular, de las cuales se necesita una gran base de datos y de acceso a internet.
- Memoria & errores: al tener pocas funciones, el proceso de uso se hace corto e intuitivo, además, la ayuda visual que brinda la iconografía de los botones permite que los usuarios recuerden la relación e interacción con los mismos sin necesidad de mucha repetición y, en caso de presentar algún error o confusión, la simplicidad de la interfaz permite resolver de forma eficaz.

- Satisfacción: se busca la satisfacción al brindar una respuesta concisa y rápida al momento de hacer la identificación. Esto evita que el usuario tenga la necesidad de acceder a grandes guías físicas o a digitar en el dispositivo móvil, mejorando la experiencia del avistamiento, al obtener la información básica necesaria del momento en el que se encuentra.

Lenguaje visual

Este dispositivo, al ser para uso en el exterior, busca transmitir características como ser compacto para que los usuarios puedan transportarlo con facilidad y sin temor a dañarlo, así como mimetización con su entorno. Esto porque, al momento de realizar avistamientos de aves, todas las prendas y objetos que porten los usuarios deben ser de colores con baja luminosidad para no alejarlas y así lograr el objetivo de identificación y aprendizaje.

A su vez, la forma pequeña, con curvas y esquinas redondeadas transmiten características como portabilidad y una sujeción sencilla como se observa en la figura 4

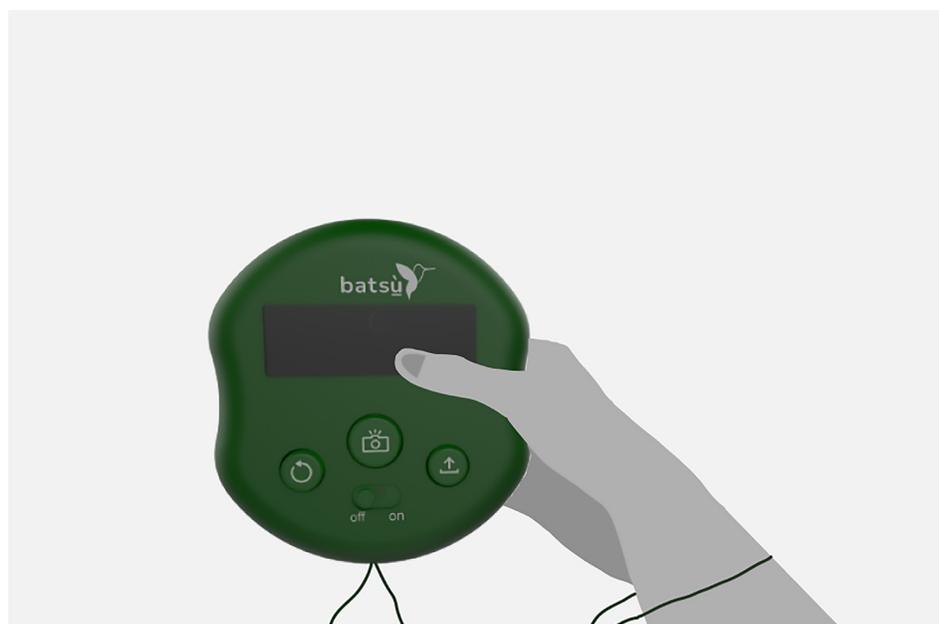


Fig. 4. Interacción con usuario.

Funciones prácticas

Como se observa en la figura 5, dentro de sus características físicas y prácticas, Batsù cuenta con un puntero de luz verde para facilitar el proceso de escaneo de la imagen. Este puntero le indica al usuario hacia dónde dirigir la cámara y así realizar con éxito la captura e identificación.



Fig. 5. Puntero láser y cámara integrada.

Para facilitar su portabilidad, se incluye en la parte trasera una prensa de agarre para sujetar en superficies como pantalones, bolsos o maletines, como se aprecia en el punto (a) y (b) de la figura 6 y en caso de que el usuario no desee sujetarlo de esta manera, puede utilizar la segunda opción, la cual es una tira ajustable y removible que puede colocar alrededor de su cuello o muñeca, punto (c) de la figura 6.

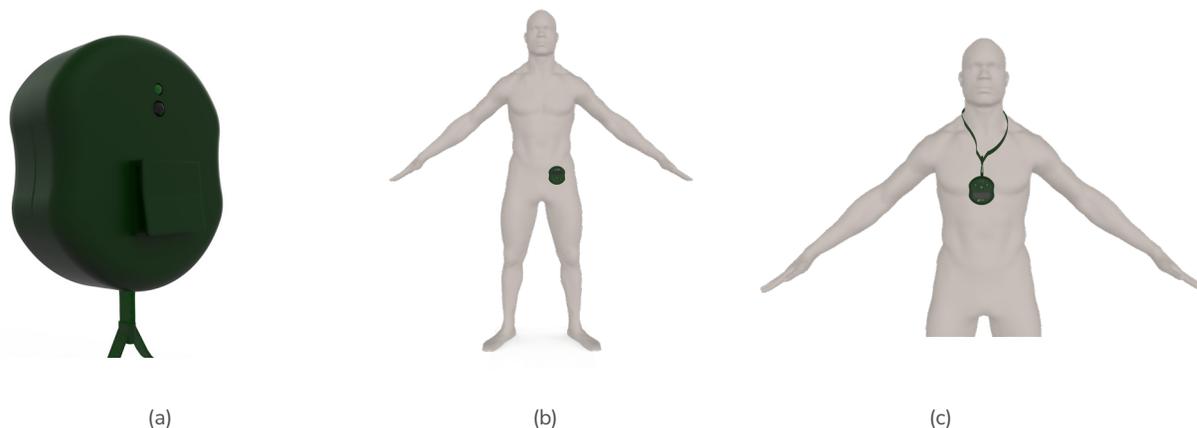


Fig. 5. Formas de portabilidad. (a) Prensa y cuerda. (b) Sujeción con prensa (c) Sujeción en cuello

Discusión

Con respecto a los resultados obtenidos, se analizaron las respuestas de las tres diferentes metodologías aplicadas para la validación del prototipo. En el caso de la encuesta que tenía como objetivo recibir retroalimentación sobre la percepción de los usuarios sobre el dispositivo, se obtuvieron respuestas muy homogéneas entre los participantes e inclinadas hacia lo que se esperaba transmitir en el *gadget* con base en los ejes semánticos planteados en la etapa inicial.

Las personas se inclinaron en su mayoría por adjetivos como portátil, fácil de transportar, liviano y fácil de usar. En cuanto a su iconografía e interfaz, los usuarios mostraron un buen entendimiento de las principales funciones del dispositivo. Los siguientes gráficos se refieren a los resultados de la encuesta mencionada anteriormente:

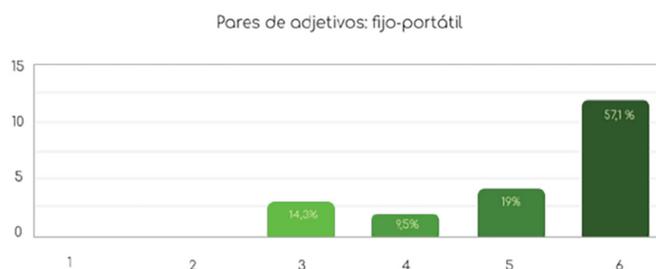


Fig. 7. Gráfico de resultados en referencia a características perceptuales.

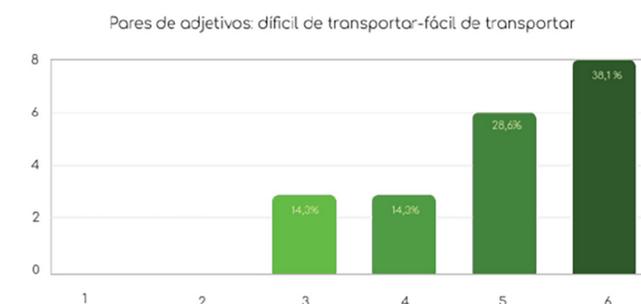


Fig. 7. Gráfico de resultados en referencia a características perceptuales.



Fig. 8. Gráfico de resultados en referencia a características perceptuales.



Fig. 9. Gráfico de resultados en referencia a características perceptuales.



Fig. 10. Gráfico de resultados en referencia a características perceptuales.

Por otro lado, para la aplicación del protocolo, se solicitó a los usuarios completar las siguientes tareas:

- Escenario 1: usted se encuentra en un avistamiento de aves, toma una buena fotografía de un ave de la cual no conoce el nombre, por lo que utiliza el *gadget* para realizar la identificación.
- Escenario 2: una vez que obtuvo el nombre del ave, usted desea comenzar el registro de aves en la aplicación de Batsù, ¿cómo procedería para hacerlo?
- Escenario 3: en este escenario, usted tomó otra buena fotografía de un ave y desea saber el nombre de esta, sin embargo, se equivoca al capturarla y desea realizar la captura nuevamente.

Los resultados de la aplicación del protocolo mostraron que el tiempo de realización de todas las tareas fue óptimo y los usuarios mostraron seguridad durante la realización de las tareas. En cuanto a errores, el usuario 2 cometió un error al dejar presionado el botón por un periodo más largo, esto porque no se encontraba seguro sobre si el envío se había realizado con éxito. Sin embargo, en la tarea siguiente, la cual implicaba un procedimiento similar, se mostró mayor seguridad y no hubo recurrencia del error.

Como complemento al protocolo, se realizaron una serie de preguntas relacionadas principalmente al agarre, interfaz y dimensiones del dispositivo, tanto de la maqueta funcional como del prototipo demostrativo del tamaño ideal.

Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

1. ¿Considera que el agarre fue cómodo o incómodo?
2. Se le brinda al usuario un prototipo con un tamaño más pequeño y se le cuestiona: ¿encuentra más fácil de manipular este nuevo tamaño?
3. ¿El texto de la pantalla es fácilmente legible?
4. ¿El tamaño y la iconografía de los botones le parecen adecuados?
5. ¿El producto facilita la identificación y aprendizaje de especies de aves?

6. ¿Posee algún otro comentario o sugerencia como mejora para el producto?

La totalidad de los usuarios expresaron que el tamaño más grande (maqueta funcional) sí brinda comodidad de agarre, sin embargo, se debe utilizar siempre con ambas manos para poder interactuar con todos los botones. Por otro lado, al proporcionarles la segunda maqueta, esta de un tamaño menor, todos los usuarios aseguran que las nuevas dimensiones son más adecuadas, esto porque les permite utilizar el dispositivo con una sola mano; además, facilita el transporte.

También, se les consultó a los usuarios acerca de la legibilidad del texto en la pantalla y el entendimiento de la iconografía, y todos aseguraron no presentar problema en este aspecto. Como última pregunta, se les solicitó brindar sugerencias o posibilidades de mejora, donde los usuarios comentaron la necesidad de una confirmación posterior al envío de la captura hacia la aplicación, sugerencia que fue aplicada. Como se mencionó anteriormente, los avistamientos de aves se realizan con guías físicas de aves o aplicaciones para realizar la identificación. Estas guías pueden representar una incomodidad en su transporte y en mantenerlas seguras en el contexto de uso al aire libre. Además, el proceso de identificación puede resultar complejo y de larga duración, si no se tiene un conocimiento previo de aves, los usuarios deben buscar el ave por medio de las imágenes impresas en la guía y comparar con la que se encuentran observando.

Otra herramienta son las aplicaciones, donde los usuarios precisan descargar bases de datos extremadamente pesadas a su dispositivo móvil o contar con conexión a internet, lo que es de difícil acceso durante las observaciones. Esto sin dejar de lado el riesgo que corren los dispositivos en estas actividades e incluso lo tedioso que puede ser el constante uso del celular cuando las personas buscan despejarse y desconectarse de la vida cotidiana.

Este dispositivo inteligente permite que los usuarios realicen la identificación directamente, sin necesidad de buscar en largas listas o digitar en su dispositivo móvil. También disminuye el riesgo al que se exponen las guías o los dispositivos, ya que su material y cierre hermético le permite resistir a las condiciones del contexto de uso. Las respuestas que brinda el *gadget* son puntuales, esto permite que el usuario reciba la información necesaria en el momento para el reconocimiento de la especie, permitiéndole también el envío de la identificación a la aplicación, generando así un registro al cual podrá acceder y estudiar a profundidad las características de las aves que observó más adelante, si así lo desea.

En la comunidad de los usuarios meta, se tiene un gusto particular por realizar “colecciones” de todas las aves que observan en sus giras, por lo que este dispositivo ayuda a los usuarios a aprender e integrarse en esta comunidad por medio de su propio registro, motivando así también a nuevos usuarios a realizar esta actividad por medio de un proceso de aprendizaje fácil e inmediato.

Conclusiones

Se concluye que el principal motivo por el cual las personas no realizan esta actividad, de gran potencial en el turismo nacional, se debe a la creencia de que se requiere un conocimiento previo sobre aves para su realización. Durante la investigación, muchas de las personas encuestadas mostraron mayor interés en realizar la actividad al presentarles el dispositivo como una forma más fácil de realizar la identificación de especies.

La creación de Batsù nace de la necesidad de brindar una herramienta que no solo ayude en la identificación de aves, sino que también promueva y facilite el proceso de aprendizaje, siendo esto un incentivo para que nuevos usuarios se inserten en la comunidad del aviturismo. Al introducir el dispositivo Batsù y demostrar cómo puede simplificar el proceso de identificación y aprendizaje, se observó un aumento en el interés de los participantes de las pruebas por la actividad. Esto sugiere que Batsù aborda de manera efectiva este desafío, al proporcionar una solución amigable para aquellos con un conocimiento principiante sobre aves.

Además, la facilidad de crear un registro y aprender más sobre las aves observadas posterior a la actividad puede fomentar la participación continua en el aviturismo. Esto apunta a Batsù como una herramienta que no solo satisface una necesidad funcional, sino que también contribuye a la participación y el compromiso sostenido en el campo del aviturismo.

Para iteraciones futuras, se recomienda investigar con mayor profundidad los alcances tecnológicos existentes y cómo estos se podrían implementar para mejorar el rendimiento en cuanto al funcionamiento y base de datos. Además, se recomienda analizar otros materiales y procesos de manufactura a fin de confirmar que el elegido es el óptimo para la fabricación, en este estudio se utilizó la impresión 3D por la facilidad de acceso a materiales y proceso. Por último, el mantenimiento resulta incómodo por la cantidad de componentes necesarios, si se aplicara un cambio en componentes, se podría realizar un reacondicionamiento a nivel interno para facilitar la limpieza y mantenimiento del dispositivo.

Las conclusiones derivadas de la investigación y la validación de Batsù confirman que el dispositivo aborda una necesidad identificada en la comunidad de observadores de aves, al hacer que la actividad sea más accesible, educativa y atractiva para su audiencia. El diseño y las características de Batsù han demostrado ser efectivos, sus recomendaciones de mejora proporcionan un camino claro para futuras versiones del dispositivo, por lo que se espera con entusiasmo la futura implementación de estas mejoras y la posible fabricación y utilización de Batsù en un entorno real.

Referencias

- [1] Instituto Costarricense de Turismo, “Ruta Nacional de Observación de Aves en Costa Rica”, ICT, <https://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/brochures-1/brochures-para-el-turista/variados/2211-63-observaci%C3%B3n-de-aves/file.html> (Consultado 24 feb., 2023).
- [2] Instituto Costarricense de Turismo, “Turismo en Costa Rica”, ICT, <https://www.ict.go.cr/es/120-estadisticas.html#:~:text=M%C3%A1s%20de%20%20millones%20de,principal%20destino%20de%20la%20regi%C3%B3n> (Consultado 7 mar., 2023).
- [3] A. Madriz, “Profesionalizar observación de aves potenciaría imagen de Costa Rica como “hotspot” mundial”, Periódico La República, mar., 2023. Consultado: 7 mar. 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.larepublica.net/noticia/profesionalizar-observacion-de-aves-potenciar-ia-imagen-de-costa-rica-como-hot-spot-mundial#:~:text=Alrededor%20de%20750%20mil%20turistas,superior%20a%20los%20%24800%20millones>
- [4] R. Soto Quirós, comunicación personal, feb., 2023.
- [5] M. Silverio-Fernandez, “What is a smart device - a conceptualisation within the paradigm of the internet of things”, *What is a smart device*, 6,3, pp. 1-10, abr, 2018. Consultado: 10 jun 2023. doi: 40327-018-0063-8. [En línea]. Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40327-018-0063-8>
- [6] M. López Sánchez, “El avistamiento de aves: una estrategia articuladora entre la ciencia y el arte para el reconocimiento y conservación de la biodiversidad”, vol. 11, no. 1, mar 2022. Consultado: 4 mar 2023. [En línea]. Disponible: https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0,5&q=avistamiento+de+aves:+una+estrategia+articuladora+entre+la+ciencia+y+el+arte
- [7] P. Camacho, comunicación personal, feb., 2023.
- [8] M. Brenes, “ “Aviturismo”, la gran apuesta de Costa Rica”, ago, 2016. Consultado: 3 mar. 2023. [En línea]. Disponible: <https://efeagro.com/costa-rica-aviturismo/>
- [9] Interaction Design Foundation, Design Thinking, Interaction Design Foundation, <https://www.interaction-design.org/literature/topics/design-thinking>, (Consultado 10 jun, 2023).
- [10] R. Wolniak, The Design Thinking Method and its Stages, *Design Thinking*, vol 6, no. 6, pp 250-251, may 2017, Consultado: 10 jun 2023. Disponible: https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=THE+DESIGN+THINKING+METHOD+AND+ITS+STAGES&btnG=
- [11] B. Martin y B. Hanington, “Universal Methods of Design”. 1 ed, Guadalajara, Mex: Ed. Rockport Publishers, Beverly, MA, 2012.