

Automated Umbrella with Integrated Anti-theft System for Outdoor Public Use

Ariana Salinas-Manchego, Bach¹, Jeremy Gutierrez-Carbajal, Bach¹, Alexia Ccosi-Mamani, Bach¹, Dely Lazo-Barreda, Mg¹, Edmundo Aparicio-Maldonado, Mg¹, Vanessa Retamozo-Güere¹, Mg, José Esquicha-Tejada, Dr¹

¹Universidad Católica de Santa María, Peru,

ariana.salinasm@estudiante.ucsm.edu.pe, jeremy.gutierrez@estudiante.ucsm.edu.pe, alexia.ccosi@estudiante.ucsm.edu.pe, dlazo@ucsm.edu.pe, eaparicio@ucsm.edu.pe, vretamozo@ucsm.edu.pe, jesquicha@ucsm.edu.pe

Abstract- *In beach and outdoor environments, theft of personal belongings remains a frequent concern due to the lack of surveillance and security systems. To address this problem, this project proposes the design and development of an automated umbrella with an anti-theft system, a smart solution aimed at improving security. The proposed umbrella integrates a set of technologies including two 180° surveillance cameras, a presence sensor, a vibration sensor, speakers, and a physical siren, all designed to detect and alert users to potential theft. Alerts are sent in real time via a mobile app, allowing users to monitor their belongings remotely. In addition, the umbrella is equipped with USB ports for charging electronic devices, powered by a built-in battery and magnetized solar panels. This system not only improves security, but also promotes the use of smart technology in everyday outdoor experiences. Preliminary tests indicate a high level of interest from users and a positive reception of the concept as an effective response to theft-related issues in public environments.*

Keywords- *ESP32, Internet of things (IoT), Raspberry Pi 4, security, Umbrella.*

Paraguas Automático con Sistema Antirrobo Integrado para uso Público en Exteriores.

Ariana Salinas-Manchego, Bach¹, Jeremy Gutierrez-Carbajal, Bach¹, Alexia Ccosi-Mamani, Bach¹, Dely Lazo-Barreda, Mg¹, Edmundo Aparicio-Maldonado, Mg¹, Vanessa Retamozo-Güere¹, Mg, José Esquicha-Tejada, Dr¹

¹Universidad Católica de Santa María, Perú,

ariana.salinasm@estudiante.ucsm.edu.pe, jeremy.gutierrez@estudiante.ucsm.edu.pe,
alexia.ccosi@estudiante.ucsm.edu.pe, dlazo@ucsm.edu.pe, eaparicio@ucsm.edu.pe, vretamozo@ucsm.edu.pe,
jesquicha@ucsm.edu.pe

Resumen: En entornos playeros y al aire libre, el robo de objetos personales sigue siendo una preocupación frecuente debido a la falta de sistemas de vigilancia y seguridad. Para abordar este problema, este proyecto propone el diseño y desarrollo de una sombrilla automatizada con sistema antirrobo, una solución inteligente destinada a mejorar la seguridad. La sombrilla propuesta integra un conjunto de tecnologías que incluyen dos cámaras de vigilancia de 180°, un sensor de presencia, un sensor de vibración, altavoces y una sirena física, todos diseñados para detectar y alertar sobre posibles robos. Las alertas se envían en tiempo real a través de una aplicación móvil, lo que permite a los usuarios supervisar sus pertenencias de forma remota. Además, la sombrilla está equipada con puertos USB para cargar dispositivos electrónicos, alimentados por una batería incorporada y paneles solares magnetizados. Este sistema no solo mejora la seguridad, sino que también promueve el uso de tecnología inteligente en las experiencias cotidianas al aire libre. Las pruebas preliminares indican un alto nivel de interés por parte de los usuarios y una recepción positiva del concepto como respuesta eficaz a los problemas relacionados con los robos en entornos públicos.

Palabras Clave— ESP32, Internet de las cosas (IoT), Paraguas, Raspberry Pi 4, seguridad.

I. INTRODUCCIÓN

En los entornos públicos como playas, parques y zonas recreativas al aire libre, las personas buscan momentos de descanso y esparcimiento. No obstante, estos espacios también representan puntos críticos desde el punto de vista de la seguridad, especialmente en lo que respecta a la protección de pertenencias personales durante la ausencia momentánea de los usuarios [1]. La carencia de mecanismos tecnológicos autónomos ha derivado en un incremento de robos y hurtos, lo cual evidencia la necesidad de soluciones inteligentes capaces de ejecutar funciones de detección, disuasión y monitoreo en tiempo real.

Ante esta problemática, la presente investigación propuesta es diseñar e implementar un sistema de seguridad embebido y autónomo, integrado dentro de una sombrilla automatizada. Este sistema combina sensores inteligentes, visión por cámaras infrarrojas, actuadores de respuesta inmediata y conectividad a través de plataformas IoT. Se estructura sobre una arquitectura híbrida que emplea una Raspberry Pi 4 como unidad principal de procesamiento, en

conjunto con una placa electrónica ESP32 para la gestión de sensores de presencia y vibración [2]. La energía del sistema es generada mediante paneles fotovoltaicos flexibles y almacenada en un conjunto de baterías, lo que garantiza una operación continua en ausencia de una red eléctrica convencional [1].

II. ANTECEDENTES

Desde hace un tiempo ya se está contemplando una sombrilla automatizada y autosuficiente que nos ayude a mejorar nuestra comodidad y seguridad. La patente CN205030637U describe una sombrilla inteligente equipada con sensores de temperatura, humedad y moléculas de polvo (PM2.5), un módulo de computador de bajo consumo (Raspberry Pi) [3], comunicación inalámbrica (WiFi), funciones de alarma y geolocalización. A través de una app instalada en un dispositivo electrónico, el usuario puede monitorear en tiempo real las condiciones del entorno y consultar la última ubicación del paraguas [4]. Por otro lado, la patente US10323433B2 describe una sombrilla inteligente equipada con sensores de humedad y luz que detectan las condiciones ambientales. Está conectada a dispositivos móviles mediante tecnología IoT como Raspberry Pi a través de un módulo Wi-Fi. Permitiendo la comunicación entre la sombrilla y una aplicación móvil, desde la cual el usuario puede monitorear el clima, abrir o cerrar la sombrilla, y programar comportamientos automáticos según el entorno [5].

En este sentido, plataformas como UMBRELLA han sido esenciales para evaluar la viabilidad del uso de sensores y conectividad en entornos urbanos reales. Este laboratorio viviente, desplegado en infraestructuras públicas en el Reino Unido, proporciona un entorno controlado para validar el uso de tecnologías emergentes en el ámbito urbano [6].

Además, las estaciones de carga pública antirrobo, impulsadas por energía solar, han sido una innovación clave en la creación de dispositivos que no solo aseguran, sino que también promueven la autosuficiencia energética. Según un estudio reciente, estas estaciones mejoran la seguridad mediante el uso de sensores y paneles solares, lo cual se puede aplicar en el diseño de sombrillas automatizadas

orientadas a mejorar la seguridad y la autonomía energética [7].

En lo que respecta a la prevención de robos en entornos públicos, las tecnologías IoT han mostrado ser herramientas eficaces. Hong propone el uso de sistemas antirrobo que integran múltiples sensores IoT, lo que ha demostrado ser efectivo para la detección temprana de robos en vehículos. Este enfoque modular y basado en el uso de sensores puede aplicarse también a sistemas de protección en zonas urbanas [8].

Finalmente, el comportamiento del consumidor es crucial para la adopción de tecnologías inteligentes. La investigación de Lin y Chen revela que factores como la percepción de seguridad, la comodidad y la eficiencia energética son determinantes en la adopción de tecnologías inteligentes en el hogar. Estos mismos factores son esenciales para garantizar la aceptación de soluciones similares en dispositivos urbanos, como las sombrillas automatizadas, que también deben incorporar criterios de sostenibilidad y facilidad de uso [9].

III. SITUACIÓN ACTUAL

En el Perú, existe una gran cantidad de afectados por esta situación; inicialmente, se realizó una encuesta para conocer las necesidades de seguridad de la población, utilizando la ecuación (1) proporcionada por [10].

En el caso de robo o hurto en espacios públicos, donde toda la población del Perú está expuesta, la fórmula permite calcular el tamaño adecuado de la muestra para garantizar que los resultados obtenidos sean representativos de toda la población. A través de este enfoque, es posible obtener conclusiones confiables y tomar decisiones informadas sobre la implementación de nuevas tecnologías y sistemas de seguridad que ayuden a los usuarios a sentirse más seguros y cómodos.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(N - 1) \cdot E^2 + Z^2 \cdot p \cdot q} \dots (1)$$

Donde:

- p: Proporción (o porcentaje) de individuos que tienen una característica, en este caso se utiliza 0.5.
- q: Proporción (o porcentaje) de individuos que no tienen la característica, se resta p a 1, resultando 0.5.
- Z²: El número de unidades de desviación que indica el nivel de confianza adoptado, elevado al cuadrado. Se toma en cuenta 1.645 por el nivel de confianza (90%).
- N: Tamaño de la población.
- d: El error muestral considerado, elevado al cuadrado (Se utilizará el 90% siendo el valor de d=0.1).
- n: Tamaño de la muestra de la población.
- E: Margen de error, 10% = 0.10.

Hay que considerar que el tamaño de la población utilizado (N) se basa en la población nacional del Perú en el año 2025, la cual, según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), es de 34,350,244 habitantes [11].

$$n = \frac{34,350,244 \cdot (1.645)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(122,592 - 1) \cdot (0.10)^2 + (1.645)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n \approx 68 \text{ personas}$$

Por ello, se realizó una encuesta a 68 personas de diferentes edades, con el objetivo de conocer su perspectiva respecto a esta problemática y evaluar la necesidad de implementar la solución propuesta (véase la Tabla 1).

TABLA I
NECESIDAD DE IMPLEMENTAR SOMBRILLA AUTOMATIZADA

Pregunta	Porcentaje	Descripción
¿Qué tan seguro se siente con sus pertenencias cuando está en la playa?	8.8%	Nada seguro
	44.1%	No muy seguro
	35.3%	Sentimiento neutral de seguridad
	8.8%	Algo seguro
	4.4%	Muy seguro
¿Ha cambiado sus hábitos en la playa por miedo al robo?	13.2%	Totalmente en desacuerdo – sin cambios realizados
	8.8%	En desacuerdo – poco probable que cambie de hábitos
	30.9%	Neutral – inseguro o pequeños cambios
	44.1%	De acuerdo – ha cambiado algunos comportamientos
	4.4%	Totalmente de acuerdo – ha cambiado sus hábitos claramente

IV. PROPUESTA DE MEJORA

Nuestra propuesta consiste en una sombrilla automatizada equipada con un sistema de seguridad antirrobo que permite vigilar objetos personales, diseñada para mejorar la seguridad y comodidad de los usuarios. La propuesta funcionará siguiendo estos componentes:

- Raspberry Pi 4 (a) es una microcomputadora compacta y de bajo costo que ofrece un alto rendimiento para proyectos de electrónica, programación y automatización, es el cerebro que controla los demás dispositivos [12]. Actuará como

el cerebro de toda la sombrilla, controlando los demás dispositivos y mandando instrucciones.

- ESP32 (b) es un microcontrolador de 32 bits desarrollado por Espressif Systems, conocido por su capacidad de procesamiento, conectividad Wi-Fi y Bluetooth integradas, y su bajo consumo energético [13].

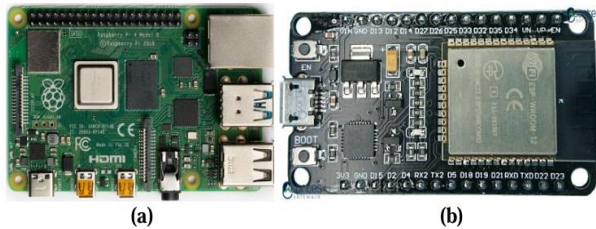


Fig. 1. Raspberry Pi 4 y ESP32

- Cámaras USB con visión nocturna infrarroja estas cámaras permiten capturar imágenes incluso en condiciones de oscuridad total, gracias a LEDs infrarrojos incorporados. Son útiles para tareas de vigilancia y detección de movimiento en zonas con baja iluminación, como playas por la noche [14], esenciales para el funcionamiento de la sombrilla.
- Sensor de presencia (HLK-LD2410C) (a) este sensor utiliza tecnología mmWave para detectar presencia humana sin necesidad de contacto físico. Es altamente preciso y puede distinguir entre movimiento y presencia estática, lo que lo hace ideal para sistemas de seguridad en exteriores [15]. Asegurando la seguridad del usuario.
- Sensor de vibración (SW-420) (b) el SW-420 es un sensor de bajo costo que detecta vibraciones mecánicas en estructuras. Puede emplearse como parte de un sistema de alarma para identificar manipulaciones o intentos de robo del sistema [16].

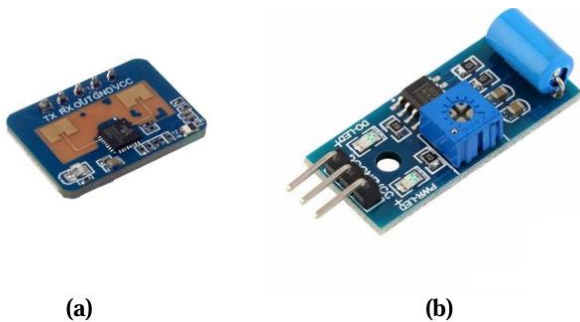


Fig. 2. Sensores

- Luz de sirena (9 tonos, 4 modos de destello, 120 dB, IP65, DC10V-30V) este módulo combina una alarma sonora con luces de alta visibilidad. Con certificación IP65, puede operar en ambientes

exteriores, ofreciendo una señal de alerta efectiva en situaciones de emergencia, este tipo de alarma ayudará a que se pueda alertar de manera afectiva a las personas alrededor [17].

- 3 Puertos USB entrada tipo C que permiten la conexión y carga de múltiples dispositivos electrónicos dentro del sistema, como teléfonos móviles, cámaras o sensores auxiliares.
- Caja de protección (Cradybox - AL-220X140X90) construida en aluminio y con grado de protección IP67, esta caja garantiza la protección de los componentes electrónicos frente a polvo, agua y golpes. Es adecuada para proteger sistemas electrónicos sensibles en ambientes abiertos [18].
- DF Player mini (módulo MP3) es un módulo compacto capaz de reproducir archivos MP3 desde una tarjeta microSD. Se caracteriza por su bajo consumo energético y permite reproducir mensajes de voz o efectos sonoros pregrabados [19].
- Batería de litio (Makita 18V BL1850B 6.0Ah) esta batería es recargable y es conocida por su robustez y durabilidad. En este proyecto, se utiliza como fuente principal de energía portátil necesaria para el funcionamiento de la sombrilla [20].
- Power Bank de 40,000 mAh sirve para alimentar módulos de bajo consumo como el ESP32 y otros periféricos. Su alta capacidad y salida estable de 5V/3A lo hacen ideal para entornos en los que la energía debe mantenerse constante [21].
- Panel fotovoltaico de 200W flexibles (ALLPOWERS) permite captar energía solar de forma eficiente en entornos abiertos como la playa. Su diseño portátil y adaptable facilita su instalación sobre superficies como la parte superior de la sombrilla. Está orientado a mantener el sistema energizado de forma autosuficiente durante el día [22].
- Regulador de carga solar 200W (VICTRON ENERGY MPPT 100/20) se encarga de optimizar la conversión de energía entre el panel solar y la batería. Este tipo de control es esencial para maximizar la eficiencia del sistema [23].



Fig. 3. Sistema de energía

Se contará con una aplicación móvil diseñada para asistir al usuario en el monitoreo completo del sistema de la sombrilla. Esta aplicación (b) permite la visualización en tiempo real del estado de los sensores, cámaras y módulos activos, así como la recepción inmediata de notificaciones (a) ante cualquier evento detectado, como presencia no autorizada, vibraciones o intentos de manipulación.

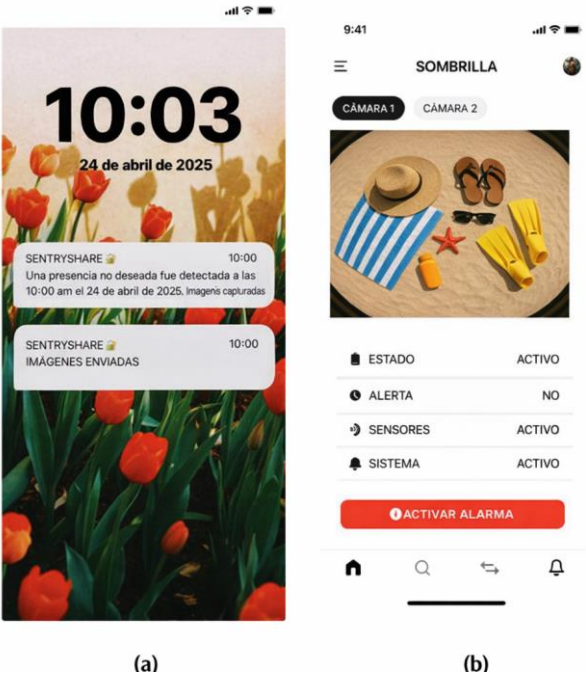


Fig. 4. Mock ups



Fig. 5. Modelado de sombrilla

TABLA II
TABLA DE COSTOS

COMPONENTES	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Cámaras USB con visión nocturna infrarroja	\$29.99	2	\$59.99
Sensor de presencia (HLK-LD2410C)	\$4.64	1	\$4.64
Sensor de vibración (SW-420)	\$1.08	1	\$1.08
Panel fotovoltaico de 200W flexibles (ALLPOWERS)	\$178	1	\$178
Luz de sirena (9 tonos, 120 dB, sirena DC10V-30V)	\$20.00	1	\$20.00
3 Puertos USB entrada tipo C	\$10.90	1	\$10.90
Caja de protección IP67 (Aluminio) (Cradibox - AL-220X140X90)	\$ 46.90	1	\$46.90
DF Player mini (módulo mp3)	\$3.78	1	\$3.78
Batería de litio (Makita 18V BL1850B 6.0Ah)	\$42.74	1	\$42.74
Power Bank de 40,000 mAh (mínimo 5V/3A)	\$68.32	1	\$68.32
Placa electrónica (Raspberry Pi 4)	\$64.99	1	\$64.32
Placa electrónica (ESP32)	\$18.99	1	\$18.99
Regulador de carga solar 200W (VICTRON ENERGY MPPT 100/20)	\$45.00	1	\$45.00
Insumos y materiales de soporte	\$40	-	\$40
Total			\$604.66

V. FUNCIONAMIENTO

En el diagrama se observan los sensores, actuadores y módulos que componen el sistema funcional de la sombrilla automatizada, todos controlados por una Raspberry Pi 4. A través de sus pines GPIO se conectan el sensor de presencia HLK-LD2410C y el sensor de vibración SW-420 [24], que permiten detectar movimiento y manipulación física. También controla una sirena LED o Xenón de 115 dB (IP65), alimentada por una batería de litio con conversión a 12V si es

necesario. Mediante un módulo DFPlayer Mini conectado a parlantes de 15–20W [25], se reproducen alertas en formato MP3. A través de los puertos USB, la Raspberry Pi gestiona dos cámaras OV2710 con visión nocturna y un módulo ESP32 [26], que permite la conexión inalámbrica y comunicación con una aplicación móvil.

El sistema se alimenta de forma autónoma con un panel solar flexible de 200W (ALLPOWERS), regulado por un controlador Victron Energy MPPT 100/20, que carga una batería de litio y un power bank de 40,000 mAh (5V/3A) [23]. Toda la lógica del sistema —detección, respuesta sonora y visual, captura de video y transmisión de datos— es gestionada por la Raspberry Pi, permitiendo su operación en exteriores de forma inteligente, segura y sin intervención constante del usuario.

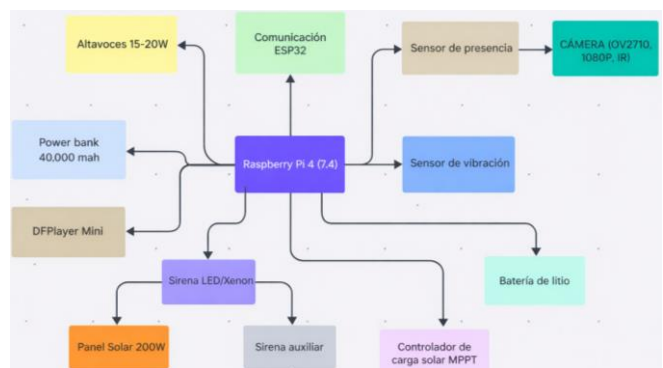


Fig. 6. Arquitectura del sistema

La estructura de la sombrilla modular automatizada está dividida en cuatro secciones ensamblables sin herramientas, lo que facilita su transporte e instalación. En la parte superior, integra paneles fotovoltaicos flexibles que alimentan sus componentes electrónicos, junto a una sirena de alta potencia montada con imanes para fácil retiro. Estos elementos permiten captar energía solar y emitir alertas en caso de emergencia. La varilla central incluye sensores de presencia, cámaras con visión nocturna, parlantes y puertos USB tipo C para cargar dispositivos. También incorpora un sensor de vibración que detecta intentos de manipulación no autorizada.

Fabricada en aluminio con protección IP67, la sombrilla resiste sol, humedad y salinidad. Se contemplan materiales alternativos como acero inoxidable o fibra de carbono según el entorno. El sistema distribuye energía y datos mediante cables y conectores USB. El sistema se complementa con una aplicación móvil que permite gestionar sensores, configurar el modo.

Este diagrama de flujo muestra el funcionamiento del sistema de la sombrilla. El proceso inicia cuando el usuario la enciende, momento en el cual el sistema comprueba si se ha activado el modo remoto (un modo en el que el usuario desea activar el sistema) desde la aplicación móvil. De ser así,

se activan las cámaras y sensores. De lo contrario, se procede con una verificación normal de los sensores. A continuación, el sistema analiza si hay presencia cercana; si detecta algo, continúa con la vigilancia, pero si no detecta movimiento, cambia al modo de espera. Durante la fase de monitoreo, si los sensores identifican vibraciones o actividad sospechosa, se dispara una alarma.

En ese punto, el usuario tiene la opción de desactivarla; si no lo hace, el sistema envía una alerta al teléfono móvil. Por otro lado, si no se detecta nada el sistema opera normalmente hasta que el usuario finaliza el proceso.

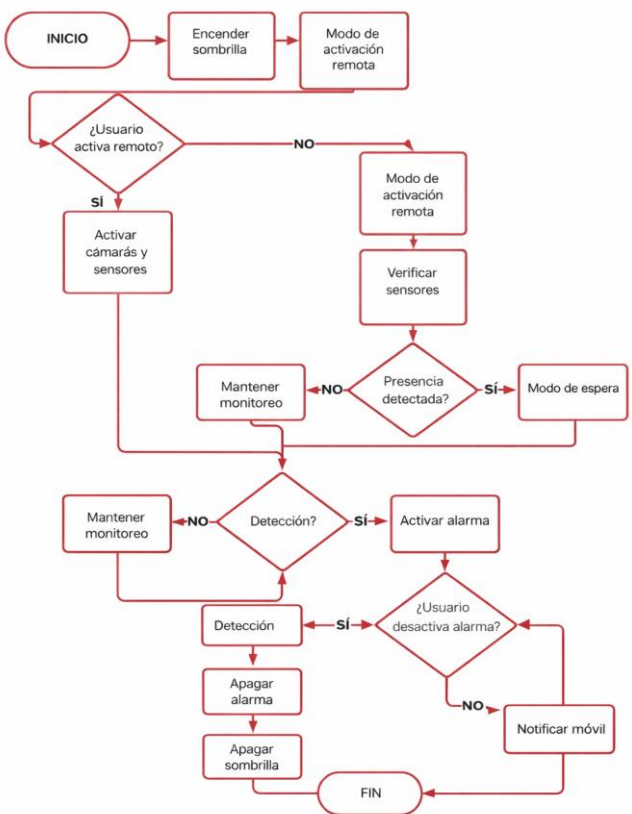


Fig. 7. Diagrama de flujo

VII. RESULTADOS

Tras haber determinado la necesidad de un sistema de seguridad que brinde confianza en los espacios al aire libre, decidimos escuchar a quienes más conviven con esta realidad: personas que concurren a la playa o algún espacio al aire libre. A través de encuestas, buscamos conocer de primera mano qué opinaban sobre la propuesta.

Lo que encontramos fue alentador, la comunidad mostró una actitud abierta y positiva frente a la propuesta. Más allá de la aceptación, se percibió deseo, pues la propuesta fue vista como una medida útil, el extremo positivo (Muy útil es mucho mayor al extremo negativo (Nada útil).

Esta pregunta aborda una preocupación directa del usuario relacionada con la seguridad pasiva y activa de sus objetos personales. Su alta relevancia radica en que permite identificar el nivel de ansiedad o vulnerabilidad que sienten las personas ante el riesgo de robo cuando dejan momentáneamente su lugar (ver fig. 8). Esta percepción justifica funcionalmente la existencia del sistema antirrobo propuesto en la sombrilla inteligente, el cual incluye sensores de presencia (HLK-LD2410C), sensores de vibración (SW 420), cámaras infrarrojas y notificaciones remotas mediante Raspberry Pi.



Fig. 8. Preocupación de los encuestados

En la fig. 9 se muestra la percepción subjetiva de seguridad sin mediación tecnológica. Es fundamental para establecer una línea base sobre el nivel de confianza actual de los usuarios en entornos abiertos. La mayoría de respuestas concentradas en las categorías de "poco seguro(a)" y "nada seguro(a)" revelan un déficit importante en la percepción de protección, lo cual refuerza la pertinencia del proyecto.



Fig. 9. Sentimiento de los encuestados

Luego al realizar un post-test (ver fig.10) se visualizó la mejora de la variable, evidenciando un aumento en la sensación de seguridad gracias a la intervención tecnológica, pero los comentarios de los encuestados por el precio fueron negativos por el elevado precio de la propuesta de solución.

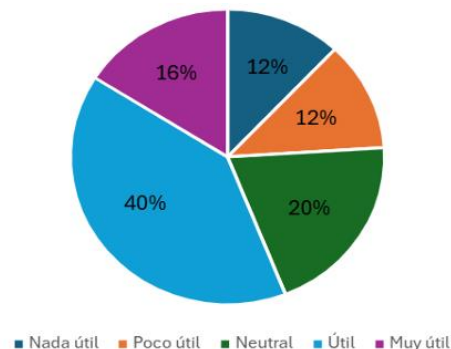


Fig. 10 Percepción subjetiva de la propuesta

VIII. DISCUSIÓN

En esta propuesta, innovadora y adaptada al contexto actual, se identificó la necesidad urgente de incorporar soluciones inteligentes que protejan pertenencias personales en espacios públicos como playas y parques, donde los usuarios suelen dejar sus objetos sin vigilancia momentáneamente [1]. Se logró diseñar un sistema embebido y autónomo que integra sensores de presencia y vibración, visión infrarroja, conectividad IoT y alimentación solar, demostrando ser una opción viable, eficiente y energéticamente autosuficiente [2]. A diferencia de desarrollos previos como los descritos en [4], centrados en el monitoreo ambiental o funciones básicas de automatización, nuestra solución incorpora capacidades de disuasión activa y respuesta inmediata ante intentos de robo, lo cual representa un avance significativo en términos de seguridad. Por otro lado, plataformas como UMBRELLA han validado la viabilidad del uso de sensores y conectividad en entornos urbanos reales, apoyando la arquitectura híbrida que proponemos [5].

A ello se suma el valor añadido de la autosuficiencia energética, ya explorado en estaciones de carga solar seguras [7], y la efectividad comprobada de los sistemas antirrobo basados en IoT y fusión de sensores múltiples en contextos vehiculares, que aquí se adaptan al mobiliario urbano [8]. Finalmente, como destaca Lin y Chen [9], la percepción de seguridad, la eficiencia y la comodidad son claves para la aceptación de estas tecnologías por parte de los usuarios, y el presente sistema busca precisamente responder a estas demandas, integrando además criterios de sostenibilidad y facilidad de uso.

IX. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El desarrollo de la sombrilla automatizada con sistema antirrobo respondió a una necesidad real identificada en espacios públicos como playas y parques, donde un 77 % de

los usuarios encuestados indicó llevar objetos de valor, y el 79% expresó preocupación por dejar sus pertenencias sin supervisión. La propuesta demostró ser viable tanto técnica como energéticamente, integrando sensores IoT de presencia y vibración, cámaras infrarrojas, un sistema de alerta sonora y visual, energía solar y una aplicación móvil para el monitoreo en tiempo real. El 66% manifestó sentirse poco o nada seguro con respecto a sus pertenencias en la playa, y un 76% declaró sentirse vulnerable al robo con cierta frecuencia, lo cual valida la importancia del sistema como herramienta de protección autónoma. Aunque el 62% de los encuestados no ha sido víctima directa de robo, un 49% sí conoce a personas que lo han sido, generando una percepción colectiva de inseguridad, siendo esta propuesta pensada para los modelos de negocio B2B, mediante esquemas de renta.

El sistema desarrollado es capaz de detectar amenazas, activar alarmas y enviar notificaciones inmediatas al usuario, ofreciendo así una solución efectiva y disuasiva ante intentos de hurto. Su diseño modular, resistente a la intemperie y autosuficiente mediante energía solar, lo hace ideal para ambientes al aire libre. Con la encuesta del pos-test se concluye que un 56 % tiene una percepción positiva en la propuesta planteada, pero no fue muy valorado por el elevado precio que necesitarían pagar para tener esta propuesta automatizada, sin embargo, en conjunto esta propuesta mejora la experiencia del usuario en espacios recreativos, sino que también fomenta el uso de tecnología sostenible e inteligente como parte de la vida cotidiana.

Finalmente, para futuras trabajos, se propone optimizar la autonomía energética del sistema mediante baterías más eficientes o supercondensadores, junto con una mejor gestión del consumo eléctrico. Se considera integrar inteligencia artificial para el reconocimiento de rostros o movimientos sospechosos, así como ampliar las funciones de la aplicación móvil con notificaciones personalizadas, control remoto del sistema y visualización en tiempo real. También se evaluará reducir el tamaño del hardware utilizando placas más compactas y estructuras portátiles. Finalmente, se plantea realizar pruebas piloto en diferentes entornos reales y desarrollar una versión comercial con diseño optimizado y funciones de seguridad avanzadas.

RECONOCIMIENTO

El equipo de trabajo desea expresar su profundo agradecimiento a la Universidad Católica de Santa María (UCSM) por brindar un entorno académico propicio para el desarrollo de este proyecto. La disponibilidad de recursos, así como el respaldo institucional ofrecido, fueron fundamentales para la ejecución y culminación de esta investigación. Su compromiso con la formación y la investigación ha sido un pilar esencial en este proceso.

REFERENCIAS

- [1] N. Yavuz y E. W. Welch, "Addressing fear of crime in public space: Gender differences in reaction to safety measures in rail transit," *Urban Studies*, vol. 47, no. 12, pp. 2491–2515, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1057567716639099>
- [2] G. C. Rodrigues, G. A. Silva y D. A. N. Freitas, "The impact of social norms on criminal behavior: A meta-analysis," *Journal of Experimental Criminology*, vol. 17, no. 1, pp. 1–23, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10610-020-09452-5>
- [3] J. Alpaca Rendón, J. Esquicha Tejada, and K. Rosas Paredes, "Hospitalized patients caring system using Raspberry Pi with megapixel camera and OpenCV [Sistema de atención a pacientes hospitalizados utilizando Raspberry Pi con Cámara Megapíxel y OpenCV]," *Proceedings of the LACCEI International Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2017-July, DOI: 10.18687/LACCEI2017.1.1.223.
- [4] CN205030637U. (2014). Smart umbrella. Google Patents. <https://patents.google.com/patent/CN205030637U/zh>
- [5] I. Mavromatis and Y. Jin, "UMBRELLA: A One-Stop Shop Bridging the Gap From Lab to Real-World IoT Experimentation," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 1–14, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3377662.fjff
- [6] C.-C. Lee et al., "Umbrella-Like Dual-Axis Mirror Scanner Fabricated With FDM 3D Printing and Its Application in Realizing a Dynamic FOV Camera," *IEEE Photonics Journal*, vol. XX, 2025, doi: 10.1109/PHOT.2025.3548534.
- [7] Nueva Vizcaya State University, Enhancing security and convenience innovations in anti-theft mobile phone charging stations for public venues: Solar powered mobile charging station for public use, in *AI and Emerging Technologies for Emergency Response and Smart Cities*, IGI Global Scientific Publishing, 2025, pp. XX-XX, doi: 10.4018/979-8-3693-9770-1.ch010.
- [8] C. Hong, "Design of Automotive Anti-Theft System Based on IoT and Multi Sensor Fusion," *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 2025, doi: 10.1117/12.3055086.
- [9] J.-Y. Lin and C.-C. Chen, "Factors Influencing Consumer Buying Behavior for Smart Home Technologies," *Sustainability*, vol. 17, no. 7, p. 2992, 2025, doi: 10.3390/su17072992.
- [10] P. López Roldán y S. Fachelli, *Metodología De La Investigación Social Cuantitativa*, Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, 2015.
- [11] «PERU Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI». <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/population-estimates-and-projections/>
- [12] M. Flores-Gutierrez, E. Herrera-Ramos, M. Apaza-Cornejo, E. Valeriano-Cuba, C. Juarez-Alvarez, and J. Esquicha-Tejada, "Integration of a vehicle congestion detection and alert prototype in the city of Arequipa," in *Proc. LACCEI Int. Multi-Conf. Eng., Educ. Technol.*, 2024, Art. no. 264, doi: 10.18687/LEIRD2024.1.1.264.
- [13] J. M. Castillo et al., "IoT monitoring system based on an ESP32 microcontroller for agricultural environments," *IEEE Access*, vol. 7, 2019. Disponible: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8765944>
- [14] T. D. Gillespie et al., "Night Vision and Infrared Imaging for Smart Surveillance," U.S. Dept. of Transportation, 2023. Disponible: <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/65596>
- [15] C. F. Gómez, "People Detection Using Millimeter-Wave Radar Sensors," *Politecnico di Milano*, 2024. Disponible: <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/218745>
- [16] A. Alhammadi et al., "Smart Public Space Monitoring Using Vibration and Presence Sensors," *ICINCO*, 2020. Disponible: <https://www.scitepress.org/Papers/2020/103360/103360.pdf>
- [17] D. Galbraith and L. Grosjean, "Wind-alarm systems: Emerging observing technologies for port operations," in *Proc. Australas. Coasts Ports Conf. Future Dir. from 40 S Beyond*, Hobart, Australia, Sep. 10-13, 2019. Disponible: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.797180113690496>
- [18] M. Valtonen, "Design of Outdoor Enclosures for IoT Devices," *Theseus.fi*, 2024. Disponible: <https://www.theseus.fi/handle/10024/855480>
- [19] A. K. Tussupbekova, D. A. Afanasyev, O. B. Seldyugaev, V. A. Karabassov, G. K. Alpysova, A. T. Abikenov y E. V. Sheinmeier, "Development of a microcontroller device for reproducing audio

- information,” Eurasian Physical Technical Journal, vol. 20, no. 3, pp. 70–79, 2023. doi: 10.31489/2023No3/70 79
- [20] A. S. J. Haris, M. S. P. Huda, R. S. Arya, y A. R. N. Razali, “Performance and Safety of Lithium-Ion Battery Systems for Mobile Applications,” IEEE Access, vol. 12, pp. 43210–43220, 2024. [En línea]. Disponible: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10561196>
 - [21] P. Agrawal, R. Sahani, R. Mandal y S. Samantaray, “Design and Performance Analysis of Power Bank,” 2023 Int. Conf. on Power Electronics & IoT Applications in Renewable Energy and its Control (PARC), Bhubaneswar, India, 2023. [En línea]. Disponible: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10927358>
 - [22] H. Wang, Y. Shi, M. Liu y X. Wang, “Development of doubly salient permanent magnet motor flywheel energy storage for building integrated photovoltaic system,” IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 56, no. 4, pp. 4200–4209, Jul.–Aug. 2020. [En línea]. Disponible: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/911666>
 - [23] S. A. Diwan, «Dynamic Lightweight Mechanism for Security and Performance in Internet of Things», International Journal Of Interactive Mobile Technologies (IJIM), vol. 16, n.o 10, pp. 49–66, may 2022, doi: 10.3991/ijim.v16i10.30085.
 - [24] E. A. Haryadi, G. Jati, A. Y. Husodo, and W. Jatmiko, “Low-Cost Camera-Based Smart Surveillance System for Detecting, Recognizing, and Tracking Masked Human Face”, Int. J. Interact. Mob. Technol., vol. 15, no. 23, pp. pp. 104–119, Dec. 2021.
 - [25] Z. Haibin et al. , “Diseño del sistema óptico de una cámara aérea panorámica visible/infrarroja y de doble campo de visión”, Journal of Applied Optics , vol. 38, n.º 1, págs. 503–509, enero de 2017, doi: 10.5768/jao201738.0101002.
 - [26] C.-C. Shih et al., “Real-time camera tampering detection using two-stage scene matching,” 2022 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), pp. 1–6, Jul. 2013, doi: 10.1109/icme.2013.6607568.