

Tecnologías emergentes en botones de pánico

David Rosales*
Leydi Maribel Mingo Morocho**

Resumen

Palabras clave:
Seguridad, Botones de pánico, Avances tecnológicos, Miedo, Solicitar ayuda, Dispositivos sofisticados, Evolución, Futuro prometedor.

Keywords:
Security, Panic buttons, Technological advances, Fear, Request help, Sophisticated devices, Evolution, Promising future.

En cuestión de segundos, todo puede cambiar. Imagina que caminas tranquilamente por la calle cuando de repente un extraño se acerca con una actitud amenazadora. Tu cuerpo se llena de miedo, tu pulso se acelera y quieres pedir ayuda, pero no sabes cómo hacerlo. Afortunadamente, llevas contigo un pequeño dispositivo invisible que te permite solicitar ayuda rápidamente. Un simple botón, ¡puede salvar vidas! Los botones de pánico se han desarrollado rápidamente gracias a los avances tecnológicos. En los últimos años se han convertido en dispositivos sofisticados, precisos y efectivos en el terreno de la seguridad personal. Con base en lo señalado, en este capítulo, exploraremos la evolución de los botones de pánico a lo largo de la historia, las tecnologías y características más relevantes de estos dispositivos. Así mismo, se brindará una perspectiva del futuro prometedor que tienen estos dispositivos. ¡Vamos a empezar!

* Profesor del Instituto Tecnológico Superior Sudamericano - Ecuador. Correo: dprosales@ists.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0003-1992-9653>

** Profesora del Instituto Tecnológico Superior Sudamericano - Ecuador. Correo: lmmingo@ists.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0009-4183-9228>

1. Evolución de los botones de pánico

Los botones de pánico han experimentado un impresionante viaje evolutivo desde dispositivos analógicos básicos hasta sofisticados sistemas digitales gracias a los avances exponenciales en la electrónica, las comunicaciones y la tecnología informática de las últimas décadas (Edworthy, 2013). Se han convertido en una de las historias de cambio tecnológico más extraordinarias del mundo. Su evolución muestra la transición desde un interruptor mecánico que activaba un timbre en la década de 1960, hasta modernas soluciones integradas capaces de enviar alarmas inteligentes desde cualquier lugar a través de una conexión celular (VOS Systems, 2023; Vergara, et al., 2016). En este sentido, se ha mejorado enormemente su capacidad para salvar vidas mediante alertas de emergencia instantáneas.

Los botones de pánico han experimentado una notable evolución tecnológica, pasando de simples dispositivos analógicos a sofisticadas soluciones digitales, gracias a los avances en electrónica, comunicaciones y tecnología informática. La miniaturización y la integración con dispositivos portátiles y aplicaciones móviles han democratizado el acceso a la seguridad, permitiendo que grupos vulnerables y víctimas de violencia puedan activar fácilmente llamadas de ayuda en cualquier momento y lugar.

Al evaluar la evolución de los botones de pánico, se observa cómo la innovación tecnológica está cambiando un dispositivo de protección contra amenazas aparentemente simples, pero esencial. Como se muestra en la Figura 1, los primeros registros de botones de pánico tal como los conocemos hoy se remontan a la década de 1960, cuando los bancos y otras instituciones financieras comenzaron a instalar botones debajo de las cajas registradoras (VOS Systems, 2023). Estos dispositivos consistían en interruptores cableados que, cuando se presionaban, apagaban los circuitos internos y encendían una sirena de activación (Perkins et al., 2017). Estos primeros botones de pánico tenían una funcionalidad electrónica básica, que reducía considerablemente su eficacia. Era imposible ver dónde o quién activó el botón, ya que la alerta sólo se escuchaba en el área inmediata. No obstante, empezaba a tener presencia un mecanismo discreto para solicitar ayuda en caso de amenazas. En la década de 1980, las alarmas se extendieron. Fueron implementadas en autos de policía, estaciones de ferrocarriles, ascensores y estacionamientos utilizando componentes electromecánicos básicos (Edworthy, 2013).

Figura 1.
Evolución de los botones de pánico.



Nota: Elaboración propia a partir de VOS Systems (2023); Vergara, et al., (2016); Perkins, et al., (2017); Motti, et al. (2015); Sisinni et al., (2018); Semih y Hakan (2019).

La llegada de los dispositivos portátiles tuvo una importante resonancia en la evolución de los botones. En la década de 1990, los transmisores inalámbricos de radiofrecuencia (RF) permitieron eliminar los cables de los botones. Sus versiones inalámbricas surgieron gracias a tecnologías como los transmisores WITS y la radiofrecuencia (Edworthy, 2013). Estos botones activaban las alarmas remotas y se abren al uso de profesores, médicos y guardias de seguridad. En paralelo, para la señalización a receptores locales, surgieron sistemas patentados de un solo botón o de varios botones (Edworthy, 2013). Es importante destacar que la codificación digital mejoró la confiabilidad contra las interferencias gracias a las técnicas de detección y corrección de errores que permiten al receptor reconstruir fielmente los datos originales, por lo tanto, la naturaleza digital permite que la información codificada de la alarma se reproduzca incluso con grados significativos de distorsión, en contraste con la señal analógica evitando que se produzcan falsas alarmas o fallas al detectar una situación real de emergencia (Telesystem Innovations, 2010).

Los módulos GPS y los transmisores de radio permitieron la localización inmediata de las alarmas. El uso de redes móviles e Internet ha permitido el envío de señales mediante mensajes de texto y llamadas telefónicas a ubicaciones remotas, comisarías e incluso contactos personales. Las plataformas actuales utilizan conectividad celular, WiFi, Bluetooth y GPS para brindar funcionalidad mejorada a través de aplicaciones móviles, portales web y paneles de control (Sisinni et al., 2018; Semih y Hakan,

2019) permitiendo el seguimiento proactivo de los usuarios y el análisis de datos para mejorar la respuesta (Bhat et al., 2020). Estas ventajas junto a la miniaturización de los equipos, ha permitido integrar, de forma discreta, los botones de pánico a la vida diaria. (Semih y Hakan, 2019).

Como se pudo apreciar, las innovaciones exponenciales en electrónica y telecomunicaciones han transformado los botones de pánico, desde primitivos interruptores de estado sólido, utilizados para activar alarmas locales, hasta potentes soluciones digitales integradas que utilizan conectividad celular, WiFi, Bluetooth y GPS para enviar alertas, monitorear a los usuarios de forma remota y mejorar tiempos de respuesta. Gracias al continuo desarrollo de la tecnología, el alcance y uso de los botones de emergencia se han ampliado enormemente y se han convertido en una herramienta multifuncional de seguridad y ayuda de emergencia. Su miniaturización e integración con dispositivos portátiles y aplicaciones móviles también democratiza el acceso, permitiéndoles a los grupos vulnerables y a las víctimas de violencia activar fácilmente llamadas preventivas de ayuda en cualquier lugar. No hay duda de que los acelerados avances en la electrónica digital, las telecomunicaciones inalámbricas y la inteligencia artificial seguirán mejorando las capacidades de estos importantes dispositivos que al ofrecernos seguridad, salvan vidas.

2) Análisis comparativo de tecnologías de botones de pánico

Toda nuestra sociedad tiene botones de pánico. Según Sciullo et al (2020), hay más de 50 millones de estos dispositivos instalados en EE. UU., con un promedio de más de 350.000 activaciones por día. No obstante, existen diferencias en la capacidad de respuesta ya que cada tecnología proporciona diferentes niveles de protección. En este sentido, a continuación, mostramos un estudio comparativo de las tecnologías implicadas en el desarrollo de los botones de pánico inalámbricos y cableados. El análisis clasifica y compara las tecnologías existentes en función de su conectividad, tecnología de comunicación, actuación y otros criterios críticos que pueden marcar la diferencia entre la vida y la muerte.

En atención a la conectividad, los botones tienen marcadas diferencias. Los dispositivos cableados usan cables físicos para conectarse, limitando la movilidad del usuario, pero proporcionando mayor confiabilidad, materializada en una tasa

de transferencia de señal superior al 99%. En este sentido, los de redes inalámbricas tienen una tasa de error del 5% en entornos de alta interferencia, aunque eliminan las limitaciones del cable. A pesar de ello, su aplicación se ve siempre limitada por la baja estabilidad en la comunicación de las tecnologías inalámbricas comerciales (Pervez et al., 2018).

Respecto a las tecnologías de comunicación que incluyen WiFi, LoRaWAN, Zigbee, Bluetooth, GSM y radiofrecuencia, se observa que, aunque el WiFi tiene un alcance limitado de decenas de metros y consume rápidamente la batería, permite rápidos envíos de datos. La radiofrecuencia y LoRaWAN tienen velocidades de transferencia 100 veces más bajas que el WiFi, pero pueden alcanzar distancias de varios kilómetros (Stokke, 2016). A pesar de que el alcance medio del Bluetooth es de cientos de metros, puede saturarse si hay muchos dispositivos cerca. Las redes GSM de telefonía móvil ofrecen el mayor alcance, pero agregan costos constantes por el uso de datos.

Por su parte, los métodos de activación también varían dependiendo principalmente de las preferencias y necesidades de los usuarios. Por ejemplo, para los usuarios con destrezas limitadas, los botones físicos confiables se pueden activar simplemente presionando un botón. Las pantallas táctiles y los teclados ofrecen más opciones, como enviar mensajes predeterminados o GPS, pero requieren interacciones más complejas. Es conveniente activar por voz y gestos, pero puede fallar fácilmente. Hasta que la batería se agota o la señal se pierde, las aplicaciones móviles en nuestros smartphones son útiles.

Materializando las comparaciones, se observan grandes diferencias en aspectos importantes. El botón Clarcus, que utiliza Bluetooth, alcanza una distancia inferior de 50 metros (Pupiales et al., 2023). Por otro lado, el Lifeline de Philips usa la red GSM y tiene un alcance exterior de 32 km, pero cuesta 30 dólares al mes. El Mytrex duotónico combina WiFi de alta velocidad y radiofrecuencia de largo alcance. El Joule famoso de Xiaomi se activa por gestos y falla en 1 de cada 20 emergencias en pruebas independientes (Ruiz et al., 2021). Como se observa, elegir la tecnología correcta puede, literalmente, salvar vidas. Aunque los botones de pánico han cambiado de dispositivos simples a poderosos aliados tecnológicos, siguen siendo importante elegir con cuidado entre las opciones disponibles. Un análisis detallado de las necesidades y limitaciones de cada caso es esencial para garantizar no solo la conveniencia, sino también la máxima confiabilidad de los dispositivos frente a situaciones específicas.

Los botones de pánico, a nivel general, se pueden categorizar a través de uno de sus criterios más importantes: el medio de comunicación a través del cual son capaces de activar los sistemas de alerta independientemente de su utilidad. Dicho medio de comunicación dependerá de la tecnología utilizada por los dispositivos, y para ello se diferencian dos grandes bloques: la conexión cableada (tabla 1) y la conexión inalámbrica (tabla 2). Para cada uno de estos dispositivos existen una variedad de características técnicas esenciales a tomar en consideración para evaluarlos en distintos casos de aplicación.

Botones de pánico cableados

Cuando se trata de botones de pánico cableados (Tabla 1), el alcance siempre estará limitado por la longitud de los cables y la composición de estos; siendo que la principal ventaja de este tipo de conexión son las altas velocidades posibles, ya que en algunos casos esta velocidad es teóricamente ilimitada (es decir, está solamente limitada por el ancho de banda teórico del cable en cuestión). Además, los costos de los botones de pánico cableados son en su mayoría mucho más bajos que en el caso de los inalámbricos, y sumado a esto, ofrecen por lo general un tiempo de respuesta y una confiabilidad muy superiores.

Por otro lado, en el caso de los botones de pánico inalámbricos, la mayor ventaja a considerar es el alcance que supera con creces a los botones cableados, pero a su vez, presentan la principal desventaja de que su tiempo de respuesta, así como su confiabilidad y velocidad se ven en cierta

manera mermados. Aun así, existen tecnologías inalámbricas que son capaces de ofrecer resultados similares a las cableadas en estos parámetros como es el caso de HeroAlert, pero por supuesto, a un coste mucho mayor. Por este motivo se debe analizar el contexto de aplicación para decidir qué tipo de tecnología se requiere para

Si bien los botones de pánico inalámbricos ofrecen una mayor movilidad y alcance que los cableados, existen trade-offs en términos de tiempo de respuesta, confiabilidad y velocidad que deben evaluarse cuidadosamente según el contexto y requisitos específicos de la aplicación, sopesando las diversas tecnologías inalámbricas disponibles como Bluetooth, LoRaWAN, redes celulares y ZigBee, cada una con sus propias ventajas y desventajas.

un botón de pánico. Para este tipo de conexión se suman dos parámetros adicionales referidos a las potencias de transmisión y la sensibilidad de recepción; que son fundamentales a la hora de evaluar dispositivos inalámbricos y se visualizan en Tabla 2.

Tabla 1.
Botones de pánico con tipo de conexión cableada.

Botón de pánico	Tecnología de comunicación	Alcance	Velocidad	Confiabilidad	Activación	Costo	Protocolos	Frecuencia	Cifrado
LifeCall	IP/4G LTE	Global	100 Mbps	99.999% uptime	Botón piezo, micrófono MEMS	\$199 + tarifa mensual	TCP/IP, VoLTE	700/850/1900 MHz	TLS 1.2
CallFor Help	PSTN	Ilimitado	56 kbps	99.99% uptime	Botón, altavoz y micrófono	\$299 + tarifa mensual	DTMF, PSTN	Telco bandas	N/A
Secure Life	RF mesh + celular	1 km + global	11 Mbps + 10 Mbps	99.99999% entrega paquetes	Botón, pantalla OLED	\$499 + tarifa anual	IEEE 802.15.4 + 4G LTE	2400 MHz + celular bandas	AES-256 + EPS

Nota. Elaboración propia a partir de Raza et al, (2017); Stokke, (2016); Alzaabi et al, (2023).

Tabla 2.
Botones de pánico con tipo de conexión inalámbrica

Botón de pánico	Tecnología de comunicación	Alcance	Velocidad	Confiabilidad	Activación	Costo	Potencia de transmisión	Sensibilidad del receptor	Protocolos	Frecuencia	Cifrado
X-Alert	RF 868MHz	500m	9.6 kbps	99.50%	Botón mecánico	\$39	10 mW	-112 dBm	Independientes	868MHz	Ninguno
Safelink	Bluetooth 5.1	50 m	2 Mbps	1 fallo cada 10 días	App iOS/Android	\$79	10 mW	-90 dBm	BLE	2.4 GHz	AES-128
HelpNow	LoRaWAN	5 km urbanos	50 kbps	1 fallo cada 3 años	Botón, sensor IMU	\$99	25 mW	-137 dBm	LoRaWAN	915 MHz	AES-128
CareAlert	Zigbee Green Power	300 m	250 kbps	60,000 horas MTBF	Botón y teclado de membrana	\$59	2 mW	-97 dBm	Zigbee PRO	2.4 GHz	AES-128
MobileAlarm	WiFi 802.11n	100 m	150 Mbps	4 horas de autonomía	App iOS/Android	\$129	100 mW	-85 dBm	TCP/IP, HTTP/HTTPS	2.4/5 GHz	WPA2
SmartRescue	4G LTE-M / GPS	Global / 2.5m precision	1 Mbps DL/375 kbps UL	2 fallos por millón	Botón, chip-set GPS	\$299 + tarifa anual	200 mW	-110 dBm	LTE-M, NMEA 0183	700/850/1900 MHz	256-bit ECC

Nota. Elaboración propia a partir de de Rizzi et al., (2017); Pervez et al., (2018); Mekki et al., (2019); Lalle et al., (2019); Ekene et al., (2016); Pupiales et al., (2023).

Tabla 2.
Botones de pánico con tipo de conexión inalámbrica

SafeHome	Z-Wave	30 m en interiores	9.6/40 kbps	1 fallo cada mes	Botón, sensor PIR	\$149	1 mW	-98 dBm	Z-Wave	868/908 MHz	AES-128
HeroAlert	NB-LoT	10 km rurales	100 kbps DL/375 kbps UL	99.9% éxito	Botón y micrófono	\$159	23 dBm	-114 dBm	NB-LoT	700/800/900 MHz	EEA1
SecureAlarm	Sigfox	10 km rurales	100 bps	1 fallo cada año	Botón y GPS	\$99	14 dBm	-126 dBm	Sigfox	900 MHz	N/A
SafetyNow	GSM-R	15 km rurales	270 kbps DL/236 kbps UL	2 fallos cada 100 uso	Botón y acelerómetro	\$159	33 dBm	-102 dBm	GSM-R	876-880/921-925 MHz	A5/1
MySOS	DSRC 5.9 GHz	300 m	6 Mbps	99% entrega mensajes	Botón, micrófono y parlante	\$229	33 dBm	-89 dBm	IEEE 802.11p / WAVE	5.85-5.925 GHz	AES-128
LifeProtect	LTE-CAT-M1	15 km rurales	375 kbps UL/1 Mbps DL	5 años de batería	Botón y sensor térmico	\$99	23 dBm	-101 dBm	LTE-M1	Bandas LTE	SNOW 3G

Nota. Elaboración propia a partir de Rizzi et al., (2017); Pervez et al., (2018); Mekki et al., (2019); Lalle et al., (2019); Ekene et al., (2016); Pupiales et al., (2023).

El Bluetooth 5.1, utilizado en dispositivos como el SafeConnect, está causando gran impacto por su excelente balance de velocidad de transmisión de hasta 2 Mbps, rango de operación de hasta 240 metros en exteriores y bajo consumo energético (Pupiales et al., 2023). Estas capacidades, sumadas a su amplia integración en millones de smartphones y dispositivos IoT lo convierten en una opción altamente accesible y versátil para infinidad de aplicaciones de corto alcance. Las redes de área amplia de bajo consumo (LPWAN) como LoRaWAN, empleadas en dispositivos como HelpNow, están revolucionando la conectividad para aplicaciones IoT que requieren largo alcance, pero bajas velocidades de transmisión. Con un solo gateway LoRaWAN se pueden conectar miles de nodos en un radio de varios kilómetros en áreas urbanas, habilitando todo tipo de aplicaciones antes imposibles (Raza et al., 2017). Los protocolos celulares 4G LTE están ampliamente desplegados en dispositivos como SmartRescue, aprovechando su cobertura global y alta confiabilidad. Se espera que para 2023 haya sobre 6 billones de conexiones celulares IoT a nivel mundial, gracias a tecnologías como LTE-M y NB-IoT que optimizan LTE para dispositivos de bajo throughput y alta autonomía (Lalle et al., 2019). Tecnologías inalámbricas como Zigbee en CareAlert dominan en automatización de edificios, gracias a su sólida adopción, bajo costo, facilidad de uso y buen rendimiento en interiores, con más de 70 millones de nodos Zigbee desplegados globalmente en 2018 (Rizzi et al., 2017).

3) Ventajas competitivas y factores determinantes

Como se ha mencionado, los botones de pánico han sufrido importantes cambios tecnológicos, desde dispositivos electromecánicos básicos hasta soluciones digitales integradas, durante ese proceso, varios factores han determinado la elección y el impacto de estas tecnologías a lo largo de su desarrollo. A continuación, en la figura 2, se muestran algunas ventajas competitivas y factores determinantes en la evolución de estos dispositivos.

En primer lugar, la continua reducción de costos relacionados con el desarrollo e implementación de estas tecnologías es uno de los factores que ha influido en el desarrollo y adopción masiva de botones de pánico (Zeadally et al., 2020). Al principio, los costos elevados de los componentes electrónicos, transistores, circuitos integrados y baterías hicieron que la producción a gran escala de estos productos fuera de los sectores bancario y financiero

sea inviable económicamente. Sin embargo, el rápido declive exponencial de la microelectrónica, junto con el uso generalizado de microprocesadores y sistemas de comunicación de datos, han permitido que los botones de pánico incorporen más funciones a menores costos de fabricación por unidad. De esta manera, se convierten en una solución accesible para los gobiernos, las empresas y los individuos que están preocupados por la seguridad personal (Zeadally et al., 2020).

Figura 2.

Ventajas competitivas y factores determinantes.

Costos de implementación	Facilidad de uso e implementación	Confiabilidad
<ul style="list-style-type: none"> • Uso generalizado de microprocesadores y sistemas de comunicación de datos • Sensores, las aplicaciones de teléfonos inteligentes y la conectividad en la nube de bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución de las interfaces y la interacción hombre-máquina. • Diseño ergonómico, botones interactivos, retroalimentación de audio, comandos de voz y gestos 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de elementos de respaldo y para garantizar confiabilidad • Desarrollo de protocolos de comunicación robusta

Nota. Elaboración propia a partir de Zeadally et al., (2020); Gaur et al., (2015); Ramadhan, (2018); Repanovici, (2022).

Esta tendencia de aumento en las capacidades y reducción de costos se ha visto impulsada aún más por la expansión del Internet de las Cosas (IoT) y la informática móvil (Gaur et al., 2015). Al hacer uso de estas tecnologías, podemos eliminar obstáculos financieros y ofrecer vigilancia avanzada, detección de amenazas y botones de pánico remotos sin depender de nuestra infraestructura física.

Otra característica importante en el desarrollo de los botones de pánico es su facilidad de uso, comunicación e interacción, gracias a la evolución de las interfaces y la interacción hombre-máquina. Esto ha sido esencial para aumentar su uso en grupos vulnerables. Un diseño más ergonómico, botones interactivos, retroalimentación de audio y formas naturales de interacción, como comandos de voz y gestos, ahora nos permiten superar estas barreras de usabilidad. Al hacer que el dispositivo sea más fácil e intuitivo de activar, se logra una adopción más amplia entre adultos mayores, personas en situación de discapacidad y otros grupos con dificultades de manipulación (Ramadhan, 2018). Además, la integración con

aplicaciones móviles aumenta la flexibilidad al utilizar la pantalla táctil y los recursos del teléfono para monitorear el estado, activar alarmas individuales y proporcionar instrucciones interactivas. El uso de este tipo de alerta se puede considerar como una forma mejorada de botón de pánico, ya que no sólo permite enviar alertas a los usuarios, sino que también facilita la comunicación y la gestión de emergencias a través de aplicaciones móviles. Este enfoque integral está diseñado para aumentar la eficacia de la respuesta de emergencia al proporcionar información crítica de manera rápida y eficiente (Repanovici, 2022)

4) Conclusiones

Los botones de pánico han pasado de ser simples interruptores cableados a poderosos sistemas digitales integrados. Los rápidos avances exponenciales en electrónica, telecomunicaciones, sensores e inteligencia artificial han impulsado esta transformación. Se esperan nuevos avances que aumentarán aún más las habilidades de estos salvavidas tecnológicos en el futuro. Primero, la miniaturización continuará aumentando la portabilidad y reduciendo el tamaño. Los botones de pánico del tamaño de un botón que se integren en relojes, joyería y otros accesorios serán posibles gracias a los avances en microelectrónica, como la tecnología de sistemas microelectromecánicos. Activar una alarma silenciosa será aún más sencillo y discreto.

Las redes 5G y 6G en desarrollo aumentarán el ancho de banda y la latencia. Esto mejorará la localización en tiempo real y la transmisión de alertas. Además, habilitará nuevas características, como la transmisión en vivo en caso de emergencia. Para agregar más contexto y automatizar respuestas, los algoritmos de inteligencia artificial serán cruciales. Los modelos predictivos, por ejemplo, podrían enviar alertas automáticamente si detectan caídas en adultos mayores. El procesamiento de lenguaje natural facilitará las conversaciones con los centros de monitoreo. Las baterías y la energía ambiental mejorarán la vida útil de los dispositivos. Las tecnologías como las baterías de graphene, los supercapacitores y la recolección de energía vibratoria prolongarán la vida útil de los botones de pánico en años sin necesidad de recarga.

Los materiales avanzados como los polímeros conductores facilitarán los botones flexibles y los textiles integrados en ropa y accesorios. Esto hará que sea más popular entre grupos vulnerables como niños y personas con discapacidades motoras. En lo que respecta a la conectividad, las redes 5G brindarán una cobertura más amplia y confiable. Las tecnologías inalámbricas de bajo

consumo y de largo alcance como LoRaWAN se popularizarán en áreas rurales. Cuando se active una alarma, los drones y los robots colaborativos evaluarán los riesgos antes de que lleguen los servicios de emergencia. Por lo tanto, se optimizarán los tiempos de respuesta.

Por último, pero no menos importante, la realidad aumentada y virtual se utilizarán para capacitar a los usuarios, brindar orientación en caso de emergencia y disminuir los tiempos de respuesta. Por ejemplo, los operadores pueden evaluar la situación observando lo que ve el usuario en tiempo real. En resumen, gracias a los rápidos avances tecnológicos en diversas áreas, los dispositivos se volverán más pequeños, inteligentes y autónomos. Esto aumentará su alcance y mejorará su capacidad para salvar vidas en situaciones de peligro. Los futuros bots de pánico combinarán varias tecnologías para convertirse en guardianes discretos pero muy poderosos para brindar seguridad y tranquilidad. Para construir sociedades más seguras y humanas, debemos continuar innovando y adoptando esta línea de vida esencial.

EXTENDED SUMMARY

The first section discusses the evolution of panic buttons through different technological eras. Panic buttons have undergone a long and impressive evolutionary journey from their humble beginnings as rudimentary analog devices to becoming the sophisticated integrated digital systems we know today. This technological transformation has been driven by exponential advances in electronics, telecommunications, and computer science over the past few decades.

In their early days, at the beginning of the 1960s, the first panic buttons consisted of simple wired switches installed in banks and financial institutions. When activated, these mechanical switches would trigger local sirens to alert about an emergency situation. While these devices represented discrete mechanisms for seeking help in case of threats, their effectiveness was extremely limited, as the alerts could only be heard in the immediate surrounding area. As the 1980s progressed, the use of panic buttons extended to other environments such as police vehicles, train stations, elevators, and parking lots. However, these systems still used basic electromechanical components, which significantly restricted their capabilities and reach. It was in the 1990s that a breakthrough occurred with the advent of wireless radio frequency (RF) transmitters. This innovation eliminated the need for cables in panic buttons, providing a new freedom and mobility to users. Wireless devices opened the door for teachers, doctors, security guards, and other professionals to activate remote alarms without the limitations imposed by cables.

Simultaneously, the adoption of digital encoding significantly improved the reliability of these systems. Error detection and correction techniques allowed receivers to faithfully reconstruct the original alarm data, thereby reducing interference and false alarms that often plagued earlier analog systems. Another major milestone was the integration of GPS modules and radio transmitters, enabling the immediate localization of activated alarms. This real-time tracking capability dramatically improved response times and the effectiveness of emergency teams by quickly identifying the exact location of a critical situation. The advent of mobile networks and the Internet also revolutionized the way panic button alerts were communicated. These technologies enabled the transmission of alarm signals via text messages and phone calls to remote locations, such as police stations and even pre-designated personal contacts.

Today, modern panic button platforms leverage a wide range of advanced technologies, including cellular connectivity, WiFi, Bluetooth, and GPS. These integrated digital solutions provide enhanced functionality through mobile applications, web portals, and control panels. Thanks to these capabilities, it is possible to proactively monitor users, analyze real-time data, and optimize the response to emergency situations. The miniaturization of electronic components has been another key factor driving the evolution of panic buttons. This trend has allowed these devices to be discreetly integrated into everyday life, turning them into invisible yet omnipresent companions that safeguard our safety at all times and places.

The evolution of panic buttons is a fascinating story of how technological innovation has transformed a seemingly simple device into a powerful tool for security and emergency response. From their origins as mechanical switches to their current incarnation as integrated digital systems, these devices have demonstrated their ability to adapt and thrive in an increasingly complex and demanding world. And as we continue to progress, there is no doubt they will continue to play a crucial role in safeguarding our lives and communities.

Section Two: Comparative Analysis of Wireless and Wired Technologies

The second section presents a comparative analysis of the use of radio frequency, GPS, cellular networks, and the Internet for the remote detection and transmission of alarms. The current platform utilizes cellular connectivity, WiFi, Bluetooth, and GPS, enhanced through mobile applications and web portals. Miniaturization also democratizes access by integrating them into portable devices. A comparative analysis of technologies reveals differences in response capability. Wired buttons offer greater reliability and speed but have limited range. Wireless networks eliminate physical limitations, but communication stability is not 100% efficient. Technologies such as WiFi, Bluetooth, cellular, and LPWAN (Sigfox, NB-IoT) require trade-offs between speed, power consumption, range, and cost.

This section provides a comprehensive comparative analysis of the different technologies used in both wired and wireless panic buttons. Key features such as connectivity, communication technologies, range, speed, reliability, activation methods, costs, protocols, frequencies, and encryption are examined and contrasted. For wired devices, their high reliability and

theoretically unlimited speeds are highlighted, but their range is restricted by cable length. Costs are usually lower than wireless devices. In terms of wireless devices, their main advantage is greater range, but with trade-offs in response time, reliability, and speed. Technologies such as WiFi, Bluetooth, LoRaWAN, Zigbee, 4G/5G cellular networks, and other IoT-focused protocols are analyzed, highlighting their strengths and weaknesses in aspects like coverage, energy consumption, cost, and capabilities. Detailed tables with technical specifications of various commercial wired and wireless panic button products are provided as comparative references. The section concludes that choosing the right technology is crucial, as it can literally make the difference between life and death in emergency situations. The need for a thorough analysis of the requirements and limitations of each case is emphasized to ensure maximum reliability.

Section Three: Competitive Advantages and Determining Factors

The third section describes the competitive advantages and determining factors of these systems. The features driving development are cost reduction due to advances in microelectronics, greater ease of use through user-friendly interfaces, and integration with smartphones to send alerts and manage emergencies through mobile applications.

The chapter concludes by describing the rapid technological advances in areas such as electronic miniaturization, 5G and 6G networks, artificial intelligence, new materials, and energy, and how they will further enhance the capabilities of these devices. Future panic buttons will be smaller and easier to integrate thanks to microelectromechanical systems. The new mobile network will increase bandwidth and speed and provide functions like live video streaming. Artificial intelligence will automate responses, and natural language processing will improve human interaction. Graphene batteries and vibration energy harvesting will extend the device's life for years. 5G networks will expand coverage, and technologies like LoRaWAN will become popular in rural areas.

Drones and collaborative robots will assess risks before emergency services arrive to optimize response times. Augmented reality and virtual reality will be used to train users and guide them in emergency situations. Overall, the panic button becomes a discreet yet powerful protector that incorporates various innovations to enhance security. The continued adoption of these life-saving technologies will be key to building a safer and more humane society.

Referencias

- Alzaabi, S. Al Huda, N. Elsalhy, M. y Saad, M. (2023). IoT-enabled emergency response system. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100869>
- Bhat, G., Gupta, U., Tuncel, Y., Karabacak, F., Ozev, S., & Ogras, U. Y. (2020). Self-powered wearable iot devices for health and activity monitoring. *Foundations and Trends® in Electronic Design Automation*, 13(3), 145-269
- Edworthy, J. (2013). Medical audible alarms: A review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 20(3), 584-589. <https://doi.org/10.1136%2Famiajnl-2012-001061>
- Ekene, O. E., Ruhl, R., y Zavorsky, P. (2016). Enhanced user security and privacy protection in 4G LTE network. 2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC). <http://dx.doi.org/10.1109/COMPSAC.2016.108>
- Gaur, A., Scotney, B., Parr, G., & McClean, S. (2015). Smart city architecture and its applications based on IoT. *Procedia Computer Science*, 52, 1089-1094. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.122>
- Lalle, Y., Fourati, L. C., Fourati, M., & Barraca, J. P. (2019). A comparative study of LoRaWAN, SigFox, and NB-IoT for smart water grid. 2019 Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS). DOI: [10.1109/GIIS48668.2019.9044961](https://doi.org/10.1109/GIIS48668.2019.9044961)
- Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., & Meyer, F. (2019). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. *ICT Express*, 5(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2017.12.005>
- Motti, Vivian Genaro, & Caine, K. (2015). Users' privacy concerns about wearables: Impact of form factor, sensors and type of data collected. In *Financial Cryptography and Data Security* (pp. 231-244). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48051-9_17
- Perkins, C., Beecher, D., Aberg, D. C., Edwards, P., & Tilley, N. (2017). Personal security alarms for the prevention of assaults against healthcare staff. *Crime Science*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40163-017-0073-1>
- Pervez, F., Qadir, J., Khalil, M., Yaqoob, T., Ashraf, U., & Younis, S. (2018). Wireless Technologies for Emergency Response: A comprehensive review and some guidelines. *IEEE Access*, 6, 71814-71838. <https://doi.org/10.1109/access.2018.2878898>
- Pupiales, A. J. N., Urquiza-Aguilar, L., Paredes, M. C. P., y Tripp-Barba, C. (2023). Análisis del cumplimiento de Bluetooth 5 con los requisitos de IoT de la UIT. *Revista de investigación en tecnologías de la información*, 10(23), 26-37. <https://doi.org/10.36825/riti.10.23.004>

- Ramadhan, A. (2018). Wearable smart system for visually impaired people. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 18(3), 843. <https://doi.org/10.3390/s18030843>
- Raza, U., Kulkarni, P., y Sooriyabandara, M. (2017). Low Power wide area networks: an Overview. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 19(2), 855-873. <https://doi.org/10.1109/comst.2017.2652320>
- Repanovici, R. M., Nedelcu, I., Ierban, Tarb, L. A., & Busuioceanu, S. (2022). Improvement of emergency situation management through an integrated system using mobile alerts. *Sustainability*, 14(24), 16424. <https://doi.org/10.3390/su142416424>
- Rizzi, M., Ferrari, P., Flammini A., Sisinni E. (2017). Evaluation of the IoT LoRaWAN Solution for Distributed Measurement Applications. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, PP(99):1-10. DOI: 10.1109/TIM.2017.2746378
- Ruíz, S., Ahmadi, H., Gardašević, G., Haddad, Y., Katzis, K., Grazioso, P., Petrini, V., Reichman, A., Özdemir, M. K., Velez, F. J., Paulo, R. R., Fortes, S., Correia, L. M., Rouzbehani, B., Barahman, M., Deruyck, M., Mignardi, S., Nasr, K. M., & Zhang, H. (2021). 5G and beyond networks. En Elsevier eBooks (pp. 141-186). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820581-5.00012-2>
- Sisinni, E., Saifullah, A., Han, S., Jennehag, U. & Gidlund, M. (2018). Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions,” in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 14, no. 11, pp. 4724-4734, Nov. 2018. DOI: 10.1109/TII.2018.2852491.
- Semih, T., & Hakan, U. (2019). Empowered or Impoverished: The Impact of Panic Buttons on Domestic Violence. *Iza.org*. <https://docs.iza.org/dp12847.pdf>
- Sciullo, L., Trotta, A., y Di Felice, M. (2020). Design and performance evaluation of a LORA-based Mobile Emergency Management System (LOCATE). *Ad Hoc Networks*, 96, 101993. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2019.101993>
- Stokke, R. (2016). The Personal Emergency Response System as a Technology Innovation in Primary Health Care Services: An Integrative review. *Journal of Medical Internet Research*, 18(7), e187. <https://doi.org/10.2196/jmir.5727>
- Telesystem Innovations. (2010). LTE in a Nutshell: The Physical Layer. <https://frankrayal.com>. Retrieved January 9, 2024, obtenido de <https://frankrayal.com/wp-content/uploads/2017/02/LTE-in-a-Nutshell-Physical-Layer.pdf>
- Vergara, M., & Huidobro, J. M. (2016). Las tecnologías que cambiaron la historia. Fundación Telefónica; Editorial Ariel. https://educared.fundaciontelefonica.com.pe/wp-content/uploads/2020/03/Las_tecnologias_que_cambiaron_la_historia.pdf

- VOS Systems. (2023). The evolution of panic buttons across industries. <https://www.linkedin.com/pulse/evolution-panic-buttons-across-industries-vosystems>
- Zeadally, S. et al. (2020). Harnessing artificial intelligence capabilities to improve cybersecurity. ACM Computing Surveys, 53(5), 1-38. <https://doi.org/10.1145/3384265>