

# Innovación digital con impacto social: una aplicación web para la gestión de donantes de sangre en Los Santos, Panamá

## Digital Innovation with Social Impact: A Web Application for Blood Donor Management in Los Santos, Panama

Delia Consuegra Herrera<sup>1</sup>, Antonio Sucre Medina<sup>2</sup> y María Mitre Vásquez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, delia.consuegra@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-4661-6578>, Panamá

<sup>2</sup>Universidad de Panamá, antonio.sucre@up.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0000-0243-277X>, Panamá

<sup>3</sup>Universidad de Panamá, maria.mitrev@up.ac.pa, <https://orcid.org/0009-0000-8154-025X>, Panamá

### Información del Artículo

#### Trazabilidad:

Recibido 06-12-2025

Revisado 07-12-2025

Aceptado 01-01-2026

#### Palabras Clave:

Donación de sangre

Aplicación web progresiva (PWA)

Emergencias médicas

Gestión de donantes

Transformación digital en salud

ODS

### RESUMEN

La provincia de Los Santos, en Panamá, enfrenta una escasez significativa de donantes voluntarios de sangre y la ausencia de un sistema digital centralizado para gestionar las donaciones, lo que provoca demoras críticas en situaciones de emergencia (Rodríguez, 2023; OPS, 2018; OMS, 2020). Con el objetivo de responder a esta problemática, el presente proyecto propone el diseño de una aplicación web progresiva (PWA) que permita conectar de manera rápida y eficiente a quienes requieren transfusiones con personas dispuestas a donar, especialmente en contextos urgentes (MINSA, 2023; Cruz Roja Panameña, 2022). Se utilizó una metodología de tipo descriptiva, estructurada en fases de recolección de requisitos, diseño de arquitectura, desarrollo de prototipos y validación mediante pruebas de usabilidad, con base en el enfoque Lean y la metodología OOHDM (Hernández-Sampieri et al., 2014; Arias Valencia, 2012). El prototipo se construyó empleando tecnologías como React, Node.js, PostgreSQL, Web Push y Leaflet, integrando funcionalidades como registro de donantes, alertas geolocalizadas, validación de donaciones por código QR y notificaciones instantáneas (Rodríguez, 2021; CSS, 2023). Se espera que esta herramienta reduzca considerablemente los tiempos de respuesta ante emergencias, fortalezca la cultura de donación altruista y contribuya a modernizar la gestión sanitaria en zonas rurales (Falconí, 2006; Mendoza, 2019; Neira, 2003). Este proyecto representa un aporte innovador tanto desde el punto de vista tecnológico como ético y social, fomentando la solidaridad y la equidad en el acceso a un recurso vital. Este proyecto representa un aporte innovador tanto desde el punto de vista tecnológico como ético y social, fomentando la solidaridad y la equidad en el acceso a un recurso vital, en alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 3, 9 y 10.

### ABSTRACT

The province of Los Santos in Panama faces a significant shortage of voluntary blood donors and lacks a centralized digital system to manage donations, leading to critical delays in emergency situations (Rodríguez, 2023; PAHO, 2018; WHO, 2020). To address this problem, the present project proposes the design of a progressive web application (PWA) that enables rapid and efficient connection between individuals requiring blood transfusions and potential donors, especially in urgent contexts (MINSA, 2023; Panamanian Red Cross, 2022). A descriptive methodology was employed, structured in phases that included requirements gathering, system architecture design, prototype development, and validation through usability testing, based on the Lean approach and the OOHDM method (Hernández-Sampieri et al., 2014; Arias Valencia, 2012). The prototype was built using technologies such as React, Node.js, PostgreSQL, Web Push, and Leaflet, integrating core functionalities including donor registration, geolocated alerts, QR code donation validation, and instant notifications (Rodríguez, 2021; CSS, 2023). This tool is expected to significantly reduce emergency response times, strengthen the culture of altruistic blood donation, and contribute to the modernization of healthcare management in rural areas (Falconí, 2006; Mendoza, 2019; Neira, 2003). The project represents an innovative contribution from technological, ethical, and social perspectives, promoting

#### Keywords:

Blood donation

Progressive web application (PWA)

Medical emergencies

Donor management

Digital transformation in healthcare

SDGs

---

solidarity and equity in access to this vital resource. This project represents an innovative contribution from technological, ethical, and social perspectives, promoting solidarity and equity in access to a vital resource, in alignment with Sustainable Development Goals 3, 9, and 10.

---

## INTRODUCCIÓN

La donación de sangre es una intervención esencial para salvar vidas y un pilar fundamental de los sistemas de salud a nivel mundial (Aguilera & Martínez, 2021; Mendoza, 2019). Sin embargo, la disponibilidad de sangre segura a menudo es insuficiente debido a la escasez de donantes voluntarios. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020), más de la mitad de las transfusiones en países de ingresos bajos y medios provienen de familiares o donantes remunerados, evidenciando la falta de una base consolidada de donantes voluntarios. De manera similar, en América Latina menos del 50% de las donaciones provienen de donantes voluntarios no remunerados (OPS, 2018), lo cual refleja barreras culturales y estructurales para lograr un suministro constante de sangre. Estudios regionales han abordado esta problemática, destacando la necesidad de promover la donación voluntaria y continua (Aguirre, 2013). La consecuencia de esta situación es un mayor riesgo de desabastecimiento en emergencias médicas, especialmente en zonas donde la cultura de donación altruista está poco desarrollada (OMS, 2020; Puyol, 2019).

En Panamá, la situación es preocupante. La donación voluntaria de sangre es de solo alrededor del 13%, por lo que la mayoría de los pacientes sigue dependiendo de donaciones de reposición de familiares o conocidos (MINSA, 2023). A pesar de esfuerzos institucionales como campañas de sensibilización por la Caja de Seguro Social (CSS, 2023) y el Instituto Oncológico Nacional (2022), persisten dificultades para garantizar reservas sanguíneas suficientes de manera oportuna. De hecho, en el principal complejo hospitalario del país se ha reportado una aguda escasez de donantes de sangre y plaquetas, generando una situación de crisis frecuente (Rodríguez, 2023). En la provincia rural de Los Santos, estas limitaciones se acentúan debido a la dispersión geográfica de las comunidades, la escasez de centros hospitalarios especializados y la ausencia de un sistema centralizado para gestionar donantes. Frente a una emergencia, la búsqueda de donantes en Los Santos suele recaer en llamadas informales, contactos personales o publicaciones en redes sociales, un proceso improvisado que consume tiempo crítico y no siempre logra encontrar a un donante compatible a tiempo. Inclusive, la desesperación puede llevar a familiares a ofrecer incentivos económicos para conseguir sangre, lo que evidencia la falta de mecanismos organizados y equitativos para facilitar la donación en momentos críticos (Neira, 2003; Falconí, 2006).

La brecha tecnológica en la gestión de donantes agrava el problema. Actualmente no existe en Panamá, y particularmente en Los Santos, una plataforma unificada, rápida y confiable que permita localizar y movilizar donantes de sangre en tiempo real. En otros países se han desarrollado aplicaciones innovadoras para este fin; por ejemplo, en España la aplicación Blooxum integra geolocalización, notificaciones instantáneas y validación digital para agilizar el proceso de donación (Rodríguez, 2021). Estas herramientas han demostrado reducir significativamente los tiempos de respuesta ante emergencias al conectar de inmediato a donantes cercanos con pacientes necesitados (Rodríguez, 2021). La Cruz Roja Panameña ha reconocido los beneficios de adoptar plataformas digitales similares, señalando que facilitan la donación y mejoran la coordinación de las campañas de sangre en el país (Cruz Roja Panameña, 2022). En este contexto, resulta pertinente y urgente preguntarse: ¿Cómo mejorar la gestión de donantes de sangre en situaciones de emergencia en la provincia de Los Santos mediante el diseño de una aplicación web?

Esta iniciativa se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, en particular con el ODS 3 (Salud y Bienestar), cuya meta 3.8 busca lograr la cobertura sanitaria universal, y la meta 3.d, que impulsa el fortalecimiento de la capacidad de los países para gestionar riesgos sanitarios. Además, al utilizar tecnología accesible para reducir desigualdades en el acceso a recursos vitales, el proyecto contribuye al ODS 10 (Reducción de las desigualdades) y al ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), promoviendo soluciones digitales inclusivas en contextos rurales,

Ante esta interrogante, el presente trabajo tiene como objetivo general diseñar una aplicación web progresiva (PWA) que facilite la gestión de donantes de sangre en la provincia de Los Santos, conectando de manera rápida y eficiente a las personas que requieren transfusiones con donantes voluntarios disponibles, especialmente durante emergencias. Este proyecto no solo busca ofrecer una solución tecnológica innovadora para salvar vidas, sino también fomentar una cultura de donación voluntaria más sólida en la región, sensibilizando a la comunidad sobre la importancia de la solidaridad y la participación constante en la donación de sangre (Hernández, 2000; Mendoza, 2019). A continuación, se describe la metodología aplicada para el diseño del sistema, los resultados esperados en términos de funcionalidades e

impacto, y se discuten los desafíos y aportes de esta iniciativa en el marco de la transformación digital de la salud.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se planteó con un enfoque de investigación no experimental, de corte transversal y alcance descriptivo, dado que no se manipuló ninguna variable independiente y la recolección de información se realizó en un momento determinado (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014). El propósito central fue proponer el diseño de una aplicación web progresiva para la gestión de donantes de sangre en Los Santos, por lo cual se inició con una revisión bibliográfica exhaustiva. Se consultaron bases de datos académicas (Redalyc, Scopus, Google Académico, ERIC) y publicaciones científicas nacionales e internacionales sobre donación de sangre, aplicaciones tecnológicas en salud y experiencias previas de sistemas similares, con el fin de identificar antecedentes y mejores prácticas relevantes (OPS, 2021). Esta revisión permitió fundamentar el marco teórico y guiar las decisiones de diseño del prototipo.

Para estructurar el desarrollo del proyecto, se definieron varias fases metodológicas consecutivas:

1. **Recolección de requisitos:** mediante entrevistas y encuestas a actores clave (personal de bancos de sangre y potenciales donantes de la provincia), se identificaron las necesidades del sistema y las funcionalidades críticas. En esta fase se determinó la información esencial a recopilar de cada donante (nombre, tipo de sangre y factor Rh, fecha de última donación, disponibilidad para donar, información de contacto) y se reconoció la importancia de incluir la ubicación geográfica aproximada de los donantes para agilizar la búsqueda, pero preservando la privacidad (es decir, registrando solo zonas generales o comunidades, no coordenadas exactas). También se definieron requisitos como la generación de alertas filtradas por tipo de sangre y zona durante emergencias, y un mecanismo de validación mediante códigos QR para verificar las donaciones efectivamente realizadas.
2. **Diseño de la arquitectura e interfaz:** se procedió a diseñar la solución siguiendo principios de usabilidad y accesibilidad. Se optó por una arquitectura de Aplicación Web Progresiva (PWA) para aprovechar la compatibilidad web y la posibilidad de uso en dispositivos móviles sin necesidad de instalar una app nativa. En el front-end se eligió React (JavaScript/HTML/CSS) para construir una interfaz de usuario responsiva, complementada con mapas interactivos basados en Leaflet y datos abiertos de OpenStreetMap para mostrar la ubicación aproximada de donantes. El back-end se implementó con Node.js usando el framework Express, y como base de datos relacional se utilizó PostgreSQL, aprovechando que todas estas tecnologías son de código libre. Además, se integraron servicios de notificaciones push (Web Push API) para alertar a los donantes en tiempo real, bibliotecas para generar y leer códigos QR en los procesos de validación, y se incorporaron protocolos de seguridad como el cifrado de datos en tránsito (HTTPS), control de acceso basado en roles de usuario, y flujos de consentimiento informado para el manejo de datos personales sensibles.
3. **Prototipado y pruebas de usabilidad:** una vez definida la arquitectura, se desarrollaron prototipos de la interfaz de usuario que modelaron los flujos principales de la aplicación: registro y actualización del perfil de donante, búsqueda de donantes por tipo sanguíneo y localidad, emisión de alertas de emergencia por parte de bancos de sangre, respuesta de los donantes a las alertas y validación de una donación mediante el escaneo de un código QR. Estos prototipos de alta fidelidad se sometieron a pruebas piloto de usabilidad con grupos pequeños de usuarios representativos (donantes reales y personal de salud), con el fin de recopilar retroalimentación sobre la facilidad de uso, comprensión de la información mostrada y tiempos de respuesta. La retroalimentación obtenida permitió refinar la interfaz y la experiencia de usuario antes de proceder al desarrollo completo.
4. **Pruebas finales e implementación:** en la fase final, se realizaron pruebas integrales del sistema, abarcando pruebas de funcionalidad (verificando que cada módulo cumpliera con los requerimientos iniciales), pruebas de seguridad (evaluando la protección de datos personales, autenticación y autorizaciones adecuadas) y pruebas de rendimiento (asegurando tiempos de respuesta ágiles incluso bajo múltiples solicitudes concurrentes, importantes en una emergencia). Asimismo, se validó la interoperabilidad de la aplicación en distintos dispositivos y navegadores, y su capacidad de operación offline limitada gracias a la naturaleza PWA (por ejemplo, permitiendo consultar ciertos datos almacenados en caché aun sin conexión, lo cual es valioso en áreas con conectividad inestable). Solo tras verificar el cumplimiento de todos los objetivos y la

facilidad de uso por parte de los usuarios finales, se consideró lista la propuesta para su implementación real.

En paralelo a estas fases, se adoptó la metodología de trabajo Lean para la gestión ágil del proyecto, con el objetivo de optimizar el proceso de desarrollo y asegurar entregables tempranos de valor. Siguiendo los principios Lean, se eliminaron desperdicios priorizando inicialmente las funciones más críticas (registro de donantes, emisión de alertas, notificaciones push y lectura/creación de códigos QR) y postergando funciones secundarias (como módulos de reportes estadísticos avanzados) para fases posteriores. Se construyó calidad desde el inicio, implementando pruebas unitarias y de integración desde las primeras iteraciones de desarrollo, verificando además criterios de accesibilidad (p. ej. cumplimiento de estándares WCAG) y asegurando el cifrado de datos personales desde el primer prototipo. Para crear conocimiento, cada iteración fue documentada: se registraron las decisiones técnicas tomadas (por ejemplo, la elección de PWA sobre una app nativa, o la selección de Node.js frente a alternativas como Django), así como los resultados de las pruebas de usuario y las lecciones aprendidas, de forma que esa información retroalimentó ciclos posteriores. Se procuró posponer decisiones críticas hasta el último momento responsable; por ejemplo, antes de fijar definitivamente la arquitectura o las tecnologías, se realizaron pequeñas pruebas comparativas (como desarrollar un módulo de registro de donantes en Node.js y otro en Django) para elegir la opción más adecuada con evidencia. Otro principio fue entregar valor rápidamente, por lo cual se planificó desplegar una versión mínima viable de la aplicación en las primeras 4–6 semanas, que ya permitiera registrar donantes y enviar alertas básicas filtradas por tipo de sangre y zona. Finalmente, en línea con respetar a las personas, se involucró a los propios donantes y al personal de salud local en las revisiones de cada versión, recogiendo sus comentarios y ajustando funcionalidades según sus necesidades reales, lo que garantizó que el sistema propuesto estuviera centrado en el usuario.

Adicionalmente, para guiar el diseño hipermedial de la aplicación se empleó la metodología Object-Oriented Hypermedia Design Method (OOHDM). Este enfoque proporcionó un marco ordenado de trabajo a través de cuatro modelos fundamentales: (a) un Modelo Conceptual, en el que se definieron las principales entidades del dominio (por ejemplo: *Donante*, con atributos como datos personales, tipo de sangre, Rh, última fecha de donación, disponibilidad y zona; *Alerta*, que representa una solicitud de sangre con el tipo requerido, zona geográfica y estado; *Respuesta* a la alerta, que vincula un donante a una solicitud; *Usuario* con sus credenciales y rol; *Verificación* de donante por personal del banco de sangre; y *Evento de Donación*, que registra una donación efectuada y validada mediante código QR); (b) un Modelo de Navegación, donde se diseñó la estructura de la interfaz en términos de contextos y opciones de acceso, diferenciando por ejemplo entre el panel destinado a donantes, el panel para personal del banco de sangre y un panel administrativo general; (c) un Modelo de Interfaz Abstracta, que especificó los elementos de la interfaz de usuario de forma independiente de la implementación (asegurando que fuera intuitiva, responsive y accesible, adecuada para usuarios con distintos niveles de alfabetización digital); y (d) la Implementación, fase en la cual se concretó el prototipo integrando el front-end en React, el back-end en Node.js/Express, la base de datos PostgreSQL y los servicios web necesarios, todo desplegado en un entorno seguro (servidor con certificado SSL/HTTPS, autenticación basada en *tokens* JWT, y registros de auditoría para monitorear el uso). Este proceso de diseño orientado a objetos e hipermedia garantizó una construcción sistemática y sostenible del sistema, manteniendo la cohesión entre los requerimientos conceptuales y la solución tecnológica propuesta para la realidad de Los Santos.

## RESULTADOS

Diseño del sistema propuesto: Como resultado del proceso metodológico, se obtuvo el diseño detallado de una aplicación web progresiva compuesta por varios módulos funcionales integrados, que en conjunto atenderán las necesidades de la gestión de donantes de sangre en Los Santos. A continuación, se describen los principales componentes del prototipo y sus características:

- **Módulo de Registro de Donantes:** Permite a los ciudadanos crear un perfil de donante en la plataforma. Cada donante ingresa sus datos personales básicos (nombre, edad, contacto), así como su grupo sanguíneo (A, B, AB u O) y factor Rh, la fecha de su última donación y si se encuentra disponible para donar en el momento. El registro incluye la selección de su ubicación aproximada (por barrio o corregimiento) en la provincia de Los Santos, con el propósito de recibir alertas cercanas; esta geolocalización se maneja en términos de zonas o áreas aproximadas para proteger la privacidad del donante, evitando publicar coordenadas exactas de residencia. El perfil de cada donante cuenta con un código QR personal, que la aplicación genera automáticamente y que será

utilizado posteriormente para validar de manera rápida sus donaciones en el banco de sangre correspondiente.

- **Módulo de Alertas de Emergencia:** Está orientado al personal de salud (por ejemplo, encargados del banco de sangre del hospital provincial u otros centros de salud autorizados). Cuando surge la necesidad de sangre para un paciente en situación de emergencia o escasez, el personal puede crear una alerta especificando el tipo de sangre requerido (incluyendo factor Rh) y la ubicación o zona donde se necesita (p. ej., Hospital de Las Tablas, Los Santos). Al generarse la alerta, el sistema envía notificaciones push inmediatas a todos los donantes registrados cuyo tipo de sangre coincide y que se encuentran en la zona geográfica relevante o regiones cercanas. Este mecanismo agiliza enormemente la localización de posibles donantes en tiempo real, a diferencia de los métodos tradicionales de llamadas o anuncios informales. Experiencias internacionales apoyan esta estrategia: el uso de geolocalización y notificaciones instantáneas en aplicaciones de donación ha demostrado reducir significativamente el tiempo de respuesta ante emergencias (Rodríguez, 2021), mejorando las probabilidades de conseguir a un donante a tiempo. Los donantes que reciben la alerta en la app pueden marcar su respuesta indicando si están en condiciones de donar, lo cual queda registrado en el sistema. De este modo, el personal de salud puede monitorear en vivo cuántos donantes han respondido afirmativamente y establecer contacto directo con ellos para coordinar la donación.
- **Panel para Bancos de Sangre:** Este es un interfaz administrativo al que acceden los profesionales de los bancos de sangre u hospitales. En dicho panel, pueden gestionar las alertas y las respuestas de donantes. Por ejemplo, el personal puede filtrar la base de datos de donantes por tipo de sangre o zona para buscar manualmente candidatos en caso de una necesidad específica. También pueden ver un listado de todas las respuestas recibidas a una alerta (qué donantes se ofrecieron y sus datos de contacto), pudiendo confirmar quién asistirá a donar. Una vez realizada una donación, el personal utiliza este panel para validar la donación: al recibir al donante en el centro de salud, escanean con la aplicación un código QR único que el donante presenta (desde su teléfono o impreso) correspondiente a la alerta en cuestión. Al escanear el código, el sistema verifica la identidad del donante y registra que efectivamente hizo la donación para ese caso. Esta función de validación mediante QR brinda trazabilidad y confianza al proceso, evitando, por ejemplo, duplicidades o fraudes, y actualizando automáticamente el registro del donante (estableciendo la fecha de su última donación como la del día presente, lo que a su vez controla periodos de espera hasta su próxima posible donación). Además, el panel de banco de sangre permite cerrar una alerta una vez que se han conseguido los donantes necesarios, notificando a los demás voluntarios que ya no se requiere su asistencia, para evitar molestias o movilizaciones innecesarias.
- **Módulo de Información y Educación:** Como parte de la interfaz pública de la PWA, se incluyó un apartado con información relevante sobre la donación de sangre: requisitos para donar, consejos pre y post-donación, mitos y realidades, preguntas frecuentes, y noticias o campañas locales. Este módulo busca educar y sensibilizar a la población de Los Santos sobre la importancia de la donación regular, combatiendo temores o desinformación que a menudo limitan la participación (Cruz Roja Panameña, 2022; Aguilera & Martínez, 2021). Al promover el conocimiento y la transparencia, se espera aumentar la confianza de los potenciales donantes en el sistema de salud, animándolos a inscribirse en la plataforma incluso antes de que ocurra una emergencia, de modo que la provincia cuente con un registro preventivo de donantes disponibles.
- **Módulo de Administración y Seguridad:** Finalmente, el sistema contempla un módulo administrativo restringido a los supervisores o administradores de la plataforma (por ejemplo, designados por el Ministerio de Salud provincial). Desde aquí se podrán gestionar los usuarios y sus roles (aprobar registros de nuevos empleados de salud que soliciten acceso al panel de banco, asignar privilegios de administrador, etc.), así como configurar catálogos base (p. ej., las zonas geográficas definidas en la provincia, los tipos de sangre disponibles). También proporciona acceso a registros de auditoría que documentan cada acción importante en el sistema (creación de alertas, validaciones de donación, accesos de usuarios), garantizando así la transparencia y trazabilidad del uso de la plataforma. Este módulo incorpora medidas de seguridad adicionales, como la posibilidad de dar de baja a donantes que lo soliciten (derecho al olvido), eliminar datos obsoletos y garantizar el cumplimiento de la Ley de protección de datos personales de Panamá (Ley 81 de 2019), mediante funciones de exportación/anonimización de datos cuando corresponda (Arias Valencia, 2012).

**Impacto esperado y beneficios:** La implementación de esta aplicación web integral conlleva una serie de beneficios operativos y sociales para la comunidad. En primer lugar, se anticipa una reducción drástica en

el tiempo de respuesta para conseguir donantes en situaciones de urgencia. Al automatizar las alertas masivas y focalizadas por geolocalización, un paciente crítico podría recibir una transfusión en menos tiempo que con los métodos tradicionales de búsqueda (Rodríguez, 2021). Esto puede traducirse directamente en vidas salvadas, especialmente en casos de hemorragias agudas donde cada minuto cuenta. Los bancos de sangre, por su parte, dispondrán de una herramienta moderna para gestionar su inventario de donantes de forma proactiva, lo que aumentará la eficiencia en la coordinación de donaciones (OPS, 2021). El personal de salud ya no tendrá que depender exclusivamente de llamadas telefónicas o de esperar a que los familiares consigan donantes; con la plataforma, podrá visualizar en un mapa las áreas con mayor concentración de donantes y planificar mejor las campañas de recolección de sangre. Asimismo, el registro histórico de donaciones y respuestas permitirá generar estadísticas útiles para la toma de decisiones, identificando, por ejemplo, cuáles son los tipos de sangre más escasos en la provincia o qué épocas del año hay menor disponibilidad de donantes, facilitando así la planificación de campañas anticipatorias (CSS, 2023).

Desde una perspectiva social y comunitaria, el proyecto tiene el potencial de fortalecer la cultura de la donación voluntaria en Los Santos. Al ofrecer una plataforma accesible desde cualquier teléfono móvil u ordenador, se elimina parte de la fricción que impide a la gente ofrecerse como donante, ya que inscribirse y recibir alertas es sencillo y gratuito. La aplicación servirá también como medio de concientización continua: las notificaciones no solo se emplearán para emergencias, sino que podrían recordar a los usuarios cuando cumplen el período recomendado para volver a donar, o difundir historias de éxito y agradecimientos a donantes (Hospital Santo Tomás, 2021). De esta manera se refuerza el sentimiento de comunidad y solidaridad, mostrando concretamente cómo la contribución de cada persona salva vidas (Hernández, 2000). Con el tiempo, es esperable un incremento en el porcentaje de donantes voluntarios en la provincia, pasando de ser un acto esporádico ligado a emergencias, a una práctica más frecuente y altruista (Mendoza, 2019). Esto no solo beneficia a quienes reciban la sangre, sino que enriquece el tejido social: una comunidad que se ayuda mutuamente en momentos críticos tiende a estar más unida y preparada para afrontar desafíos (Puyol, 2019). Adicionalmente, al estar Los Santos comunicada con áreas urbanas, la plataforma podría escalar o interconectarse en un futuro con redes nacionales de donantes, ampliando así su impacto a nivel país (MINSa, 2023). En resumen, los resultados esperados incluyen no solo la implementación técnica de un sistema innovador con módulos de registro, alertas geolocalizadas, validación por QR y paneles de gestión, sino también un impacto tangible en la mejora de los procesos de salud y en la conciencia social sobre la donación de sangre, traducido en una mayor disponibilidad de este recurso vital de forma equitativa y oportuna para toda la población de Los Santos.

La reducción de tiempos de respuesta en emergencias y la mejora en la disponibilidad de sangre segura contribuyen directamente al ODS 3, al garantizar una atención oportuna y salvar vidas. Asimismo, al facilitar que comunidades rurales accedan a una red organizada de donantes antes limitada a zonas urbanas, la aplicación fomenta la equidad en salud, en línea con el ODS 10.

## DISCUSIÓN

La propuesta de diseñar una aplicación web para la gestión de donantes de sangre en situaciones de emergencia se enmarca en la tendencia global de transformación digital en el sector salud. En años recientes, organismos internacionales han abogado por la adopción de tecnologías digitales para optimizar servicios de salud pública, incluyendo la captación de donantes de sangre (OPS, 2021). La integración de sistemas de información, aplicaciones móviles y análisis de datos puede revolucionar la manera en que se manejan recursos críticos como la sangre, haciéndolo más eficiente y centrado en el paciente. En Panamá, ya se vislumbran esfuerzos en esta dirección: el Ministerio de Salud lanzó campañas para promover la donación voluntaria apoyándose en plataformas digitales y mensajes masivos (MINSa, 2023), y algunas instituciones han explorado innovaciones como sistemas de trazabilidad de sangre mediante código de barras o aplicaciones de agendamiento de donaciones (Hospital Santo Tomás, 2021). Sin embargo, la mayoría de estas iniciativas se han concentrado en la capital y aún no existe una solución tecnológica integral implementada a nivel nacional o en provincias apartadas como Los Santos. Por tanto, el proyecto discutido no solo atiende una problemática local, sino que también podría servir como modelo piloto de transformación digital en salud transfusional para otras regiones. Su enfoque en PWA, geolocalización y notificaciones en tiempo real demuestra cómo las herramientas modernas de desarrollo pueden adaptarse a las necesidades locales, incluso en contextos rurales.

Implementar una aplicación de este tipo conlleva también desafíos técnicos y operativos importantes. Uno de los retos principales es la brecha digital en comunidades rurales: si bien la mayoría de los panameños posee teléfono móvil, no todos cuentan con *smartphones* o con conectividad a internet permanente en zonas alejadas. Esto requiere que la aplicación ofrezca cierta funcionalidad offline y que se realicen campañas de

divulgación y capacitación para que los potenciales donantes aprendan a usarla (Cruz Roja Panameña, 2022). Asimismo, se debe coordinar estrechamente con el personal de salud local para integrar la plataforma en los flujos de trabajo diarios; por ejemplo, asegurando que los bancos de sangre tengan personal capacitado que monitoree las alertas y responda rápidamente a las ofertas de donación. Otro desafío técnico es garantizar la escalabilidad y sostenibilidad del sistema: inicialmente atenderá a Los Santos, pero debería diseñarse con la capacidad de incorporar más usuarios y eventualmente conectar con sistemas de otras provincias o con una plataforma nacional. Esto implica usar infraestructuras robustas en la nube o servidores que puedan manejar incrementos en la carga (p. ej., durante una campaña masiva de donación tras un desastre natural). También es crucial planificar el mantenimiento a largo plazo: quién se hará cargo de actualizar la aplicación, corregir errores o incorporar mejoras, una vez termine la fase de diseño e implementación. Un modelo viable sería que el Ministerio de Salud o la Cruz Roja local adopten oficialmente la plataforma, asegurando recursos para su continuidad.

Desde el punto de vista ético y legal, la iniciativa demanda un estricto cumplimiento de normas y buenas prácticas para proteger a los participantes. El hecho de manejar datos personales de salud (como el tipo de sangre o el historial de donación) activa obligaciones bajo las leyes panameñas de protección de datos personales, que exigen medidas de seguridad y consentimiento expreso de los usuarios para el uso de su información (Arias Valencia, 2012). Por ello, el diseño incorporó desde el inicio requisitos como la firma de consentimientos informados digitales por parte del donante al registrarse, explicando los usos de sus datos, y la posibilidad de darse de baja del sistema en cualquier momento, eliminando sus datos (derecho al olvido). Todos los datos sensibles son transmitidos y almacenados de forma cifrada, y únicamente el personal autorizado (verificadores de banco de sangre) puede acceder a información de contacto de los donantes, y aun así bajo acuerdos de confidencialidad y con fines exclusivamente relacionados a la donación. Adicionalmente, se mantiene el principio de voluntariedad y anonimato en la donación: la plataforma en ningún caso revela públicamente la identidad de los donantes ni presiona a nadie a donar; simplemente facilita la conexión cuando alguien voluntariamente quiere ayudar (Falconí, 2006). Los donantes no reciben ningún incentivo económico a través del sistema, alineándose con las recomendaciones internacionales de promover donaciones voluntarias y no remuneradas para garantizar seguridad y ética en el suministro de sangre (OMS, 2020; Puyol, 2019). En cuanto a la validación de donaciones mediante QR, si bien agiliza procesos, se ha procurado que no vulnere la dignidad del donante ni genere un trato impersonal; al contrario, busca reconocer su aporte haciéndolo parte activa de un sistema moderno y transparente. Dado que este proyecto es fundamentalmente de base tecnológica y no implica procedimientos médicos experimentales, no requirió un aval de un comité de bioética clínica, pero sí se siguieron los lineamientos éticos de la investigación en ciencias de la salud para proyectos con datos sensibles, garantizando así la integridad y confianza en el sistema (Arias Valencia, 2012).

Un aspecto relevante en la discusión es el impacto en comunidades rurales y cómo este tipo de herramienta puede transformar las dinámicas de salud locales. Los Santos es una provincia con comunidades dispersas donde la solidaridad comunitaria tradicionalmente juega un papel importante en emergencias (ejemplo de ello son las campañas locales cuando alguien necesita donantes, que corren de boca en boca). La aplicación web capitaliza esa solidaridad inherente, proporcionándole un canal digital para expresarse eficientemente. En lugar de depender del conocimiento informal o de que todos se enteren por casualidad del caso de un vecino en necesidad, el sistema permite que cualquier persona voluntaria esté conectada a una red provincial de ayuda. Esto podría acortar distancias, haciendo que un donante en un pueblo remoto se entere a tiempo de que en el hospital cabecera hay un paciente que necesita de su tipo de sangre, algo que antes era muy difícil. De esta manera, la herramienta promueve la equidad en el acceso a recursos de salud: un paciente en una comunidad rural aislada tendría prácticamente las mismas posibilidades de hallar un donante compatible que uno en la ciudad, siempre que existan voluntarios registrados dispuestos a desplazarse (OPS, 2018). No obstante, también se debe considerar la adaptación cultural: introducir una app moderna en zonas donde quizás la población adulta no está habituada al uso de tecnología puede requerir mediadores comunitarios. En la práctica, podría apoyarse en líderes locales (autoridades de salud regional, líderes comunitarios, iglesias, etc.) para difundir la aplicación y ayudar a los menos familiarizados con celulares a inscribirse, de modo que nadie quede excluido. El éxito de la plataforma dependerá en gran medida de lograr una masa crítica de usuarios: mientras más donantes estén registrados, más útil y confiable será el sistema. Por ello, se discute la importancia de acompañar la solución tecnológica con un fuerte componente de gestión del cambio: campañas educativas continuas (Aguirre, 2013), incentivos no monetarios como reconocimientos públicos a los donantes frecuentes, y alianzas con organizaciones locales (por ejemplo, fundaciones, clubes cívicos) para promover la causa. Solo integrando la tecnología con las dinámicas sociales de la comunidad se logrará un impacto sostenible. En último término, el proyecto refleja cómo la innovación digital puede ser un catalizador para fortalecer la resiliencia de los sistemas de salud en entornos rurales, al empoderar a la comunidad con herramientas para autogestionar su capacidad de respuesta ante

emergencias. La donación de sangre, entendida como un acto de dar, recibir y devolver dentro del tejido social (Neira, 2003), adquiere una nueva dimensión cuando se apoya en una plataforma que conecta eficazmente esa cadena solidaria. La discusión, por tanto, subraya la necesidad de acompañar la implementación técnica con atención a factores humanos, asegurando que esta transformación digital sea inclusiva, ética y verdaderamente orientada a salvar vidas y mejorar la calidad de vida en Los Santos.

Este enfoque de innovación digital centrada en la comunidad no solo responde a una necesidad local, sino que también representa una estrategia viable para avanzar en los compromisos nacionales con la Agenda 2030. La integración de tecnologías de código abierto, diseño inclusivo y gestión ética de datos refleja un compromiso con el ODS 9 (innovación sostenible) y el ODS 17 (alianzas multisectoriales), al requerir la colaboración entre universidades, ministerios de salud, bancos de sangre y la ciudadanía.

## CONCLUSIÓN

La presente iniciativa de diseño de una aplicación web para la gestión de donantes de sangre en situaciones de emergencia aborda un problema crítico de salud pública con una solución innovadora y contextualizada. A través de un enfoque interdisciplinario, que combina la tecnología PWA con principios de metodología Lean y diseño centrado en el usuario, se logró concebir un sistema capaz de modernizar la forma en que se conectan donantes voluntarios con pacientes en necesidad. Los hallazgos y desarrollos realizados indican que es factible implementar en la provincia de Los Santos una plataforma digital que agilice la localización de donantes en tiempo real, lo que potencialmente disminuirá los tiempos de espera para transfusiones urgentes y contribuirá a salvar vidas (Rodríguez, 2021; OMS, 2020). Asimismo, el proyecto demuestra cómo la transformación digital en salud puede empoderar a comunidades rurales, proporcionándoles herramientas equivalentes a las disponibles en centros urbanos y reduciendo brechas de atención (OPS, 2021).

El diseño propuesto no solo se limita a resolver una necesidad operativa inmediata, sino que genera aportaciones de largo plazo: por un lado, promueve una cultura sostenida de donación voluntaria, educando y fidelizando a los donantes más allá de casos puntuales (Mendoza, 2019). Por otro lado, sienta las bases para un sistema de información de donantes y donaciones que puede alimentar estrategias de salud pública más amplias, desde mejores campañas de captación hasta políticas de stock de sangre a nivel nacional (MINSA, 2023). En términos de viabilidad técnica, la utilización de tecnologías abiertas y ampliamente soportadas (React, Node.js, PostgreSQL) sumada al cumplimiento de estándares de seguridad y protección de datos, garantiza que la aplicación puede desarrollarse e implantarse con costos razonables y mantenibilidad en el tiempo. La alineación con normativas legales y éticas –desde la confidencialidad de la información personal hasta la voluntariedad de la donación– asegura también la aceptación social y la sostenibilidad del proyecto, al generar confianza entre los usuarios (Arias Valencia, 2012; Falconí, 2006).

En conclusión, el proyecto es viable y aporta una solución innovadora y sostenible para la gestión de donantes de sangre en Los Santos. Su implementación contribuirá a un sistema de salud más reactivo, eficiente e inclusivo en la provincia, sirviendo potencialmente de modelo para otras regiones de Panamá que enfrentan desafíos similares. La combinación de solidaridad humana y tecnología descrita en este artículo refleja una dirección prometedora en la que los esfuerzos comunitarios se potencian mediante aplicaciones digitales, creando redes de apoyo más fuertes y efectivas. Se recomienda avanzar hacia un plan piloto e implementación real de la aplicación, acompañado de la respectiva evaluación de resultados en términos de tiempos de respuesta, aumento en donaciones voluntarias y satisfacción de usuarios. Los aprendizajes que se obtengan de esa etapa permitirán refinar la herramienta y escalarla, con la visión de integrar eventualmente a todo el país en una red digital de donantes de sangre, en línea con las recomendaciones internacionales de seguridad sanguínea y transformación digital de la salud (OPS, 2018; OMS, 2020). De esta forma, Panamá daría un paso significativo hacia la autosuficiencia en sangre segura, garantizando que ninguna vida se pierda por falta de este valioso recurso en situaciones de emergencia.

Esta propuesta no solo ofrece una solución técnica a una brecha crítica en el sistema de salud de Los Santos, sino que también constituye una contribución tangible a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente los ODS 3, 9 y 10. Su implementación piloto podría servir como referente para políticas públicas de transformación digital en salud en Panamá y otros países de la región, demostrando que la tecnología, cuando se diseña con enfoque social, puede ser un motor poderoso de justicia sanitaria y cohesión comunitaria.

## REFERENCIAS

Aguilera, S. (2021). *La donación de sangre*. Repertorio de Medicina y Cirugía, 30(2).

- Aguirre, S. B. (2013). *La problemática de la donación de sangre voluntaria no remunerada*. Evidencia, actualización en la práctica ambulatoria, 16(1).
- Arias Valencia, M. M. (2012). *Ética en la investigación científica*. Universidad Nacional de Colombia.
- Cruz Roja Panameña. (2022). *App de donación de sangre: Facilitando la donación en Panamá*. Recuperado de <https://www.cruzroja.org.pa/app-donacion-sangre>
- CSS. (2023). *App de donación de sangre: Mejorando la salud pública en Panamá*. Caja de Seguro Social. <https://www.css.gob.pa/app-donacion-sangre>
- Falconí, R. M. (2006). *Características de la donación de sangre en estudiantes de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad de San Martín de Porres*. Horizonte Médico (Lima), 6(2), 89-97.
- Hernández, P. B. (2000). *La ética y la ciencia en la donación de sangre voluntaria*. Universo diagn.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Hospital Santo Tomás. (2021). *Innovación en la donación de sangre: Uso de aplicaciones móviles*. <https://www.hst.gob.pa/innovacion-donacion-sangre>
- Instituto Oncológico Nacional. (2022). *Campaña de donación de sangre. Acciones para captar donantes*. <https://www.oncologico.gob.pa/campana-donacion>
- Mendoza, L. E. (2019). *Importancia de la sangre, hemoderivados y las donaciones voluntarias de sangre*. Revista Médica Electrónica, 42(1), 1-8.
- MINSA. (2023). *Aplicación móvil para donantes de sangre en Panamá*. Ministerio de Salud de Panamá. <https://www.minsa.gob.pa/aplicacion-donantes-sangre>
- Neira, D. C. (2003). *La teoría clásica del don y la donación de sangre*. Revista Internacional de Sociología, 61(34), 107-133.
- OMS. (2020). *Disponibilidad y seguridad de la sangre a nivel mundial*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blood-safety-and-availability>
- OPS. (2018). *Organización Panamericana de la Salud*. <https://www.paho.org/es/temas/sangre>
- OPS. (2021). *Mejora en la captación de donantes de sangre a través de tecnologías digitales en América Latina*. <https://www.paho.org/es/captacion-donantes-tecnologia-digital>
- Puyol, À. (2019). *Ética, solidaridad y donación de sangre. Cuatro perspectivas a debate*. Revista de Bioética y Derecho, (45), 43-58.
- Rodríguez, D. (2021). *Blooxum: aplicación móvil de donación de sangre*. RIULL: Repositorio Institucional - Universidad de La Laguna. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/25433>
- Rodríguez, D. (2023). *Se agudiza crisis de falta de donantes de sangre y plaquetas en el Complejo Hospitalario – CSS Noticias*