



## PROTOTIPO DIGITAL INTELIGENTE PARA LA DETECCIÓN DE ANEMIA INFANTIL EN ZONAS URBANAS VULNERABLES DEL PERÚ

### SMART DIGITAL PROTOTYPE FOR THE DETECTION OF CHILDHOOD ANEMIA IN VULNERABLE URBAN AREAS OF PERU

Diana Carolina Mil Osorio  
dmilosorio@gmail.com  
orcid.org/0009-0007-7972-3971

Larry Augusto farro Medina  
lafame.2016@gmail.com  
orcid.org/0009-0005-5454-2731

Eduardo Roberto Gonzáles Poémape  
duag25@hotmail.es  
orcid.org/0009-0001-2460-9713

Josselyn Danae Briones Diaz  
josselynbriones1407@gmail.com  
orcid.org/0009-0003-7407-0757

Mayker Bruno Cortez Honorio  
maykercortez934@gmail.com  
orcid.org/0009-0002-7030-4029

Kevin Bryan Julca Núñez  
kevinjulcanunez@gmail.com  
orcid.org/0009-0004-9812-0429

#### Instituto de Educación Superior Tecnológico Publico “Guadalupe”, Guadalupe – Perú

Sugerencia como citar: Mil, D.C., Farro, L. A., Gonzáles, E. R., Briones, J. D., Cortez, M. B, Julca, K.B. (2025). Prototipo digital inteligente para la detección de anemia infantil en zonas urbanas vulnerables del Perú, Edición Especial (EE) Pág. 127-135, <https://mucin.nelkuali.com/>

Recibido: 04/11/2025

Aprobado: 05/12/2025

Publicado: 15 /12/2025

#### Resumen

El presente trabajo de innovación tecnológica, consistió en desarrollar un prototipo digital basado en las tecnologías emergentes y en la necesidad de usar herramientas no-invasivas y de bajo costo, que permita diagnosticar de manera rápida y eficaz los niveles de anemia en niños de zonas vulnerables del país y que no tiene acceso a los servicios de salud. Para esto se diseñó e instalo una aplicación en un dispositivo móvil con sistema operativo Android y se corrobora su funcionalidad. Este aplicativo permite realizar la captura de imágenes de las uñas de las manos y mostrar un valor de los niveles de hemoglobina usando el color de las uñas. El resultado obtenido en las pruebas fue similar a los datos obtenidos en los exámenes clínicos, con una variación comparable a otros estudios internacionales, que indican de hasta  $\pm 2.4$  g/dL respecto al hemograma, las diferencias pueden ser atribuibles a condiciones de iluminación o calibración del modelo, los resultados muestran la viabilidad técnica del prototipo. Mostrando que la incorporación de la innovación tecnológica en la salud pública permitiría aumentar el proceso de monitoreo preventivo de anemia infantil, aportar en soluciones digitales inclusivas orientadas al bienestar infantil y de toda la población a futuro

**Palabras clave:** Inteligencia artificial, Anemia infantil, Imágenes de las uñas, Diagnóstico preventivo.

### **Abstract**

This technological innovation project consisted of developing a digital prototype based on emerging technologies and the need for non-invasive, low-cost tools to quickly and effectively diagnose anemia levels in children from vulnerable areas of the country who lack access to healthcare services. To this end, an application was designed and installed on an Android mobile device, and its functionality was verified. This aplicación captures images of fingernails and displays hemoglobin levels based on nail color. The results obtained in the tests were similar to the data in clinical examinations, with a variation comparable to other international studies, which indicate a difference of up to  $\pm 2.4$  g/dL compared to the complete blood count. These differences may be attributable to lighting conditions or model calibration. The results demonstrate the technical viability of the prototype. This shows that incorporating technological innovation into public health would enhance the preventive monitoring of childhood anemia and contribute to inclusive digital solutions aimed at improving the well-being of children and the entire population in the future.

**Keywords:** artificial intelligence, childhood anemia, images of fingernails, technological innovation, preventive diagnosis

### **Introducción**

El presente proyecto de innovación tecnológica se centró en la urgente necesidad de mejorar el acceso a pruebas de diagnóstico de anemia infantil en el distrito de Guadalupe, ubicada en la región de La Libertad. En ese sentido, se consideró importante crear una aplicación móvil inteligente que permita realizar un diagnóstico temprano y el seguimiento de la enfermedad, aprovechando las ventajas de la inteligencia artificial y la amplia disponibilidad de dispositivos móviles en la región. La importancia de esta problemática radica en sus efectos sobre la salud y el bienestar de los niños menores, grupo especialmente vulnerable cuyas condiciones de salud influyen significativamente en su desarrollo físico, cognitivo, emocional y social.

Según el Ministerio de Salud del Perú (MINSA, 2023), cerca del 28% de los niños menores de cinco años de la región de La Libertad presentaban anemia, Siendo esta situación un desafío constante a la gestión de la salud pública de la región. No obstante, los mecanismos de diagnóstico oportuno continúan siendo limitados, debido a la escasez de laboratorios clínicos, para realizar pruebas de hemoglobina y a los altos costos que ello implica. Siendo mayor la necesidad de atención sanitaria que la disponibilidad real de estos servicios, especialmente en comunidades con bajos recursos económicos.

### **Antecedentes de la investigación**

A nivel internacional, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021) ha enfatizado la importancia de utilizar tecnologías accesibles que faciliten el diagnóstico temprano de anemia

en zonas de bajos recursos económicos. Así mismo, se ha demostrado que las herramientas digitales basadas en IA constituyen alternativas eficaces y no invasivas para medir niveles de hemoglobina a partir del análisis de imágenes (Mannino et al., 2018; Das et al., 2024).

Investigaciones posteriores, como las de Kazemi et al. (2021) y Hwang et al. (2021), utilizaron modelos basados en inteligencia artificial para detectar anemia a partir de fotografías de conjuntiva y palmas, logrando márgenes de error aceptables para tamizaje comunitario. Según Asare, Appiahene y Donkoh (2023), utilizaron algoritmos de aprendizaje automático sobre imágenes médicas representa un enfoque no invasivo, prometedor y eficaz para la detección de la anemia, comparando modelos como CNN, k-NN, Naïve Bayes, SVM y árboles de decisión. En América Latina, miles de niños son afectados en su desarrollo físico, cognitivo y psicológico en sus primeros años de vida por la falta de un diagnóstico preventivo sobre anemia y otras enfermedades afines (Fleming & Ponka, 2020). En Perú, se hicieron estudios basadas en inteligencia artificial para detectar la anemia mediante imágenes. Según, Heredia-Menor y Mamani-Ticona (2021) demostraron que es posible detectar la anemia de forma temprana mediante imágenes de uñas, utilizando una arquitectura **VGG19** conjuntamente con un clasificador **SVM**, alcanzando una precisión de 0,989.

### **Marco Teórico**

**Anemia Infantil.** La anemia infantil se define como la reducción del porcentaje de hemoglobina en la sangre, esta condición afecta el desarrollo físico, cognitivo y emocional de los niños (Fleming & Ponka, 2020). El diagnóstico tradicional requiere que la sangre sea extraída con ayuda de personal y equipos especializado, lo que dificulta su implementación en áreas vulnerables

**Visión por computadora.** La visión por computadora es la interpretación automática de imágenes mediante algoritmos matemáticos y modelos de inteligencia artificial. En el campo médico, su aplicación ha permitido correlacionar la coloración de tejidos visibles como uñas, conjuntiva y palmas con ciertos parámetros fisiológicos, entre ellos la hemoglobina (Kumar et al., 2019; Zhang et al., 2020).

**Inteligencia artificial y aplicaciones móviles.** La inteligencia artificial (IA) como las redes neuronales convolucionales (CNN) presentan un buen nivel de confianza en el reconocimiento visual de imágenes y su integración en dispositivos móviles permite la creación de aplicaciones accesibles para el tamizaje poblacional (Ramzan et al., 2022; Reddy & Aggarwal, 2020). El uso de aplicaciones móviles en contextos comunitarios facilita el monitoreo remoto, la vigilancia epidemiológica y el acceso a diagnósticos básicos (Torres & Delgado, 2021).

### **Marco Conceptual**

**Anemia.** Situación donde la concentración de hemoglobina es baja para la edad y sexo de los niños.

**Aplicación móvil.** Software instalado en dispositivos inteligentes que permite ingresar, procesar y visualizar datos,

**Hemoglobina.** Proteína de los glóbulos rojos, responsable del transporte de oxígeno a las células del cuerpo, se usa como un indicador en el diagnóstico de la anemia.

**Visión por computadora.** campo de la inteligencia artificial que integrada en dispositivos informáticos permite captar, interpretar y analizar información visual.

**Diagnostico no invasivo.** Técnica que no requiere manipulación directa del tejido u órgano corporal o la extracción de muestra.

Sobre esta base, el presente proyecto plantea el diseño, validación y despliegue de una aplicación móvil destinada a facilitar la detección preliminar de anemia infantil mediante el uso de una aplicación móvil, ya que puede ser considerado como una herramienta tecnológica de bajo costo y fácil acceso para poblaciones con limitados recursos económicos en infraestructura sanitaria.

## **2. Metodología**

La metodología aplicada en el proyecto considera un **enfoque de Investigación y Desarrollo (I+D)**, orientado a crear, validar y desplegar una solución tecnológica basada en inteligencia artificial para la detección no invasiva de anemia infantil. Este enfoque es ampliamente utilizado para proyectos tecnológicos en salud debido a su capacidad de integrar **diseño, experimentación, prototipado, validación y transferencia tecnológica.**

La I+D es un proceso sistemático para generar nuevo conocimiento científico y transformarlo en una solución tecnológica funcional (Bunge, 2014). En el campo de la salud digital, esta metodología permite desarrollar prototipos evaluables que integran algoritmos, procesos de captura de datos y validación experimental (Reddy & Aggarwal, 2020). Por consiguiente, en este trabajo de investigación se optó por el enfoque de investigación y desarrollo (I+D), el cual se divide en tres etapas muy importantes:

### **2.1 Etapa de diseño y elaboración:**

Se llevó a cabo la búsqueda de información para tener antecedentes sobre métodos no invasivos para diagnosticar anemia y también para el análisis de imágenes usando el color de las uñas de las manos. A partir de esto, se creó la estructura de la aplicación y su interfaz, con un enfoque en la accesibilidad y la facilidad de uso. Para realizar la programación se utilizaron React, TypeScript, CapacitorJS y Android Studio incorporando un modelo de inteligencia artificial

para el análisis y procesamiento de los colores en las imágenes tomadas. Autores como Creswell & Creswell (2018) señalan que los proyectos de desarrollo tecnológico requieren ciclos iterativos donde los productos son diseñados, probados y refinados.

## **2.2 Etapa de evaluación y validación:**

Se realizaron pruebas de funcionalidad en dispositivos Android para medir la precisión y la estabilidad del modelo. Las imágenes fueron conseguidas con el consentimiento informado de los padres de los niños participantes.

Los resultados que se obtuvieron con el uso del aplicativo se compararon con los resultados del diagnóstico clínico, lo que ayudo a verificar la precisión del App y realizar modificaciones.

## **2.3 Etapa de despliegue:**

En esta etapa se procedió a generar el archivo de instalación y el cual luego se instaló en los celulares con S.O con Android, en el cual se verifico el funcionamiento y compatibilidad.

## **3. Resultados**

Los resultados del proyecto de investigación permitieron detectar niveles de anemia en la población infantil, usando este aplicativo el cual es una herramienta no invasiva que solo es necesario tomar una foto de las uñas de las manos usando el teléfono celular. Durante el proceso de validación se llevó a cabo una comparación entre los resultados obtenidos por la aplicación móvil y los valores de hemoglobina obtenidos con la prueba clínica, se obtuvo un valor de hemoglobina en el examen clínico fueron en promedio de 10.6 g/dL, mientras que en la aplicación estimó un valor de 12.5 g/dL a partir de la imagen capturada.

La obtención de estos resultados evidencia que es necesario realizar ajustes en los parámetros usados en el modelo para que ambos resultados sean igual y también en el factor iluminación. A pesar de tener variación, la aplicación demuestra estabilidad operativa y capacidad para procesar las imágenes, mostrando resultados en tiempo real. El análisis colorimétrico fue exitoso en la identificación de tonos asociados a la anemia leve y normal, lo que evidencia que es viable el enfoque propuesto para la detección no invasiva.

#### 4. Discusión

Se observa un margen de diferencia ( $\approx 2.9$  g/dL), el cual está dentro del rango de error obtenido en otros estudios realizados. Por ejemplo, en investigaciones recientes mostraron que los niveles de hemoglobina (Hgb) obtenidos después de tomar la foto mediante el celular presentan una precisión de  $\pm 2.4$  g/dL, con un sesgo promedio de **0.2 g/dL** respecto a los resultados de hemogramas clínicos (Mannino et al., 2018).

Por lo cual los resultados que se obtienen en la propuesta son importantes considerando otros estudios realizados internacionalmente, teniendo en cuenta que aún se encuentra en fase de ajuste. Factores como la intensidad de luz, el tono de piel y la resolución de la cámara pueden influir en la estimación colorimétrica. El comportamiento de esta herramienta hace notar que se puede aplicar en contextos de tamizaje y para monitoreo temprano de anemia infantil.

#### Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que la aplicación alcanzó valores de estimación de hemoglobina cercanos a los resultados confirmados mediante pruebas clínicas, aun cuando se identificó un margen de diferencia de aproximadamente 2.9 g/dL. Este nivel se encuentra dentro del rango de error reportado en otros estudios sobre diagnóstico no invasivo mediante imágenes, lo que respalda la relevancia de la propuesta y su coherencia con la evidencia científica existente.

La fase de validación demostró que el prototipo mantiene un desempeño operativo estable en teléfonos con sistema Android, ejecutando el procesamiento de imágenes sin interrupciones y entregando resultados inmediatos. La compatibilidad con dispositivos de gama media y baja confirma que el aplicativo puede ser implementado en comunidades donde el acceso a tecnología avanzada es limitado. Asimismo, las pruebas de campo revelaron que el flujo de captura de imágenes es funcional, aunque sensible a factores como la iluminación ambiental y la distancia de enfoque, aspectos que deben ser optimizados en futuras versiones.

El desarrollo de este prototipo permite demostrar que la integración de técnicas de visión por computadora combinadas con un modelo de inteligencia artificial es técnicamente viable para estimar niveles de hemoglobina a partir de imágenes de las uñas en niños para detectar en

forma temprana la anemia infantil. En conjunto, la estabilidad técnica del prototipo evidencia su potencial para ser utilizado en contextos de tamizaje comunitario.

El estudio permitió concluir que la aplicación constituye una herramienta innovadora y complementaria para el tamizaje temprano de anemia infantil, especialmente en zonas donde existe una grave limitación para acceder a laboratorios o pruebas convencionales. Si bien no reemplaza al diagnóstico clínico, sí representa un mecanismo funcional para realizar acciones preventivas y promover evaluaciones médicas oportunas, contribuyendo así a disminuir la brecha de atención sanitaria. La capacidad del sistema para identificar patrones de riesgo y facilitar un monitoreo continuo sugiere que podría convertirse en una solución de impacto significativo para programas de salud pública enfocados en poblaciones vulnerables

## Referencias

**Anales de Pediatría.** (2024). *Aplicaciones de la inteligencia artificial en pediatría*, 101(3), 250–258. <https://www.frontiersin.org/journals/digital-health/articles/10.3389/fdgth.2025.1550731/full>

Asare, J. W., Appiahene, P., & Donkoh, E. T. (2023). *Detection of anaemia using medical images: A comparative study of machine learning algorithms – A systematic literature review*. *Informatics in Medicine Unlocked*, 40, 101283. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2023.101283>

Bunge, M. (2014). *Metodología de la investigación científica*. Siglo XXI.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE.

Das, D., Sultana, N., Islam, M. T., & Amin, M. A. (2024). *NiADA: A smartphone-based application with artificial intelligence to measure blood hemoglobin in real-time*. *Sensors International*, 5, 100301. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39071070/>

Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of business process management* (2.<sup>a</sup> ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56509-4>

Fleming, R. E., & Ponka, P. (2020). Iron overload in human disease. *New England Journal of Medicine*, 382(4), 372–383.

Heredia-Menor, K. A., & Mamani-Ticona, W. (2021). Comparación de técnicas basadas en visión computacional y machine learning para la detección temprana de anemia a partir del análisis de uñas. En Universidad de Lima (Ed.), *Actas del III Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas* (pp. 151–164). Universidad de Lima, Fondo Editorial. <https://doi.org/10.26439/ciis2020.5478>

- Hirosawa, T., & Shimizu, H. (2025). *Artificial intelligence in medical diagnostics: A narrative review*. *World Journal of Clinical Medicine*, 14(2), 85–94. <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S1546221825004874>
- Hwang, J., Park, J., & Kim, S. (2021). Non-invasive hemoglobin measurement using smartphone imaging. *Biomedical Optics Express*, 12(8), 5123–5137.
- Kazemi, M., et al. (2021). Conjunctival imaging for anemia detection using machine learning. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 200, 105897.
- Kumar, A., Singh, P., & Verma, R. (2019). Mobile health solutions for anemia detection. *Health Informatics Journal*, 25(3), 1112–1125.
- Mannino, R. G., Myers, D. R., Tyburski, E. A., et al. (2018). Aplicación para smartphones para la detección no invasiva de anemia utilizando únicamente fotos de pacientes. *Nature Communications*, 9, 4924. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07262-2>
- Ministerio de Salud del Perú (MINSA). (2023). *Informe anual de indicadores nutricionales por regiones*. <https://www.minsa.gob.pe>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Anemia en la infancia: Datos clave y recomendaciones*. <https://www.who.int>
- Ramzan, M., Sheng, J., Saeed, M. U., et al. (2022). Image-based hemoglobin estimation using smartphone cameras. *IEEE Access*, 10, 56012–56022.
- Ramzan, M., Sheng, J., Saeed, M. U., et al. (2024). Revolucionando la detección de la anemia: modelos integradores de aprendizaje automático y mecanismos de atención avanzados. *Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art*, 7, 18. <https://doi.org/10.1186/s42492-024-00169-4>
- Reddy, C. K., & Aggarwal, C. (2020). *Healthcare data analytics*. Chapman & Hall/CRC Press.
- Torres, J., & Delgado, A. (2021). Aplicaciones móviles en salud comunitaria: una revisión latinoamericana. *Revista de Salud Pública*, 23(3), 1–14.
- Vargas-Santiago, L., Ramírez, D., & Torres, M. (2025). Aplicaciones de la inteligencia artificial en salud: oportunidades y retos. *Journal of Medical Informatics*, 12(1), 33–45. <https://www.mdpi.com/2073-431X/14/4/143>
- Williams Asare, J., Appiahene, P., Arthur, E. J., Korankye, S., Afrifa, S., & Donkoh, E. T. (2023). Detection of anemia using conjunctiva images: A smartphone application approach. *Medicine in Novel Technology and Devices*, 18, 100237. <https://doi.org/10.1016/j.medntd.2023.100237>
- Yakimov, B., Buiankin, K., Denisenko, G., et al. (2024). Conjunto de datos de imágenes de piel y uñas humanas para la evaluación no invasiva del nivel de hemoglobina. *Scientific Data*, 11, 1070. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03895-9>

Younis, M., et al. (2024). Artificial intelligence in healthcare: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7(45), 1–15. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38201418/>