

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



Sistema de monitoreo preventivo de anemia mediante imágenes de la conjuntiva palpebral en niños menores de 5 años de Pimentel

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

Juan David Chiscol Patazca

ASESOR

Hector Miguel Zelada Valdivieso

<https://orcid.org/0000-0002-2311-4284>

Chiclayo, 2026

**Sistema de monitoreo preventivo de anemia mediante imágenes de la
conjuntiva palpebral en niños menores de 5 años de Pimentel**

PRESENTADA POR
Juan David Chiscol Patazca

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR

Marlon Eugenio Vilchez Rivas
PRESIDENTE

Edwar Glorimer Lujan Segura
SECRETARIO

Hector Miguel Zelada Valdivieso
VOCAL

Dedicatoria

Dedico esta tesis con todo mi amor y gratitud a mis padres y a mis hermanos, quienes han sido mi mayor apoyo en este proceso. Gracias por su paciencia, sacrificio y amor incondicional, que me han motivado a seguir adelante, incluso cuando las dificultades parecían insuperables. Sin ustedes, este logro no habría sido posible. También, a mi abuelita materna y a mi abuelito paterno, quienes desde el cielo siempre me acompañaron con su sabiduría y amor.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a Dios por darme fortaleza, sabiduría y paciencia. A mis padres por su incansable apoyo, a mis hermanos por su comprensión y a mi asesor, por su guía, paciencia y conocimientos. Sin su ayuda, este camino no habría sido el mismo.

Sistema de monitoreo preventivo de anemia mediante imágenes de la conjuntiva palpebral en niños menores de 5 años de Pimentel

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repository.ifla.org Fuente de Internet	1%
8	1library.co Fuente de Internet	1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	10
Materiales y métodos	14
Resultados y discusión	19
Conclusiones	25
Recomendaciones	26
Referencias	28
Anexos	32

Resumen

La anemia es una enfermedad que afecta a una gran parte de la población infantil a nivel mundial, en la región Lambayeque y especialmente en el distrito de Pimentel. Esta investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema de monitoreo preventivo de anemia en niños menores de 5 años, utilizando el análisis de imágenes de la conjuntiva palpebral mediante Deep Learning. El sistema permite a los padres monitorear los signos de anemia desde casa a través de una aplicación móvil multiplataforma, compatible con Android e iOS. La metodología empleada incluyó la recolección de datos, el entrenamiento de un modelo de detección y su implementación en un entorno real, con pruebas piloto que validaron su efectividad, logrando una precisión del 90%. Esta solución facilita la detección temprana de la anemia y permite el monitoreo continuo de la salud infantil sin la necesidad de visitas frecuentes al centro de salud. Además, ofrece herramientas educativas para los padres sobre la prevención de la anemia.

Palabras clave: Sistema de monitoreo preventivo, Anemia infantil, Deep Learning, Aplicación móvil multiplataforma, Conjuntiva palpebral.

Abstract

Anemia is a disease that affects a large part of the child population worldwide, in the Lambayeque region and especially in the district of Pimentel. This research aims to develop a preventive monitoring system for anemia in children under 5 years of age, using Deep Learning to analyze images of the palpebral conjunctiva. The system allows parents to monitor signs of anemia from home through a multi-platform mobile application, compatible with Android and iOS. The methodology employed included data collection, training of a detection model, and its implementation in a real-world setting, with pilot tests validating its effectiveness, achieving 90% accuracy. This solution facilitates the early detection of anemia and allows for continuous monitoring of children's health without the need for frequent visits to the health center. In addition, it offers educational tools for parents on the prevention of anemia.

Keywords: Preventive monitoring system, Childhood anemia, Deep learning, Multiplatform mobile application, Palpebral conjunctiva.

Introducción

La anemia es una enfermedad causada por la insuficiencia de hemoglobina o glóbulos rojos, lo que limita la capacidad de transportar oxígeno a los tejidos y afecta principalmente a mujeres y niños [1]. Esta enfermedad es grave, ya que pone en riesgo el desarrollo infantil en menores de 5 años [2]. Además, existen varios tipos, como la anemia por la deficiencia de vitamina B12, la hemolítica y por falta de hierro, algunas de las cuales pueden ser hereditarias o crónicas [3].

A nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS) indicó que en 2019, 269 millones de niños menores de 5 años padecían de anemia [1]. En Perú, en 2023, el 43.1% de los infantes menores de 3 años tuvo anemia, siendo más común en zonas rurales (50.3%) que en urbanas (40.2%) [4]. En este contexto, en Lambayeque, la tasa de anemia en 2023 fue del 35.4%, lo que representa una cifra significativa [5].

Existen varios factores relacionados con esta enfermedad, como la deficiencia de vitaminas y minerales [4], el desconocimiento de su prevención y consecuencias [2], el nivel de instrucción educativa de la madre, factores socioeconómicos también afecta la incidencia de anemia y la zona donde vive [4].

Las principales causas de la anemia incluyen una baja producción de hemoglobina o glóbulos rojos y pérdidas de sangre [6], así como el nacimiento prematuro, el bajo peso al nacer y una dieta pobre en proteínas de origen animal y hierro. Además, infecciones respiratorias y deficiencias de zinc pueden agravar la anemia [2].

Según [7], detectar la anemia a tiempo en niños menores de 5 años es crucial, ya que afecta su desarrollo cognitivo, memoria, atención y rendimiento académico. La detección temprana permite un tratamiento adecuado para un desarrollo saludable. A partir de esto [8] señaló que el gobierno peruano tiene como meta reducir la tasa de anemia al 30.4% para 2030, lo cual requiere acceso a servicios sanitarios, agua potable, saneamiento básico y alimentos saludables.

Numerosas investigaciones han propuesto soluciones para identificar la anemia en niños menores de 5 años, inicialmente analizando imágenes de la palma de las manos, luego las uñas y, más recientemente, la conjuntiva palpebral. Las redes neuronales convolucionales (CNN) han destacado por su alta precisión en aplicaciones móviles para Android. Sin embargo, no se ha desarrollado un sistema móvil multiplataforma compatible con iOS y Android para el monitoreo continuo de la hemoglobina en niños de Lambayeque. A pesar de que las CNN han sido el enfoque más efectivo, no todas las investigaciones se han centrado exclusivamente en su uso [9], [10], [11], [12], [13], [14].

La anemia infantil es una creciente preocupación en el Centro de Salud "Pimentel", donde los casos en niños menores de 5 años han aumentado. Actualmente, los padres enfrentan

dificultades para monitorear la salud de sus hijos debido a que solo tienen acceso a métodos tradicionales que requieren visitas al centro de salud, lo que implica largas esperas en un ambiente ruidoso y estresante. En ese sentido, todo lo mencionado infringe la Convención sobre los Derechos del Niño [15], que establece que los niños tienen derecho a recibir el mejor nivel de salud posible en entornos que minimicen el dolor, el estrés y la ansiedad, priorizando siempre su bienestar. Si bien el sistema público presenta estos desafíos, en el sistema privado enfrenta el principal obstáculo del costo, lo que dificulta el acceso a un monitoreo constante. Esta situación se complica ya que los controles contra la anemia establecidos por el Ministerio de Salud (MINSA) son limitados; tres controles para niños de 6-11 meses, tres más para 12-23 meses, dos para 24-35 meses y dos para 36-59 meses (Ver Anexo N°4). Durante estos largos intervalos de tiempo entre controles aumentan el riesgo de que los niños desarrollen anemia, ya que esta puede manifestarse rápidamente [16]. Por último, el seguimiento de la anemia en el Centro de Salud se realiza de manera ineficiente en cuadernos (Ver Anexo N°5), también existe una falta de conocimiento sobre la anemia (Ver Anexo N°3).

Debido a esta problemática se formuló el siguiente problema de investigación ¿Cómo desarrollar un sistema móvil multiplataforma basado en Deep Learning que permita a los padres alertar desde casa sobre posibles casos de anemia en niños menores de 5 años atendidos en el Centro de Salud "Pimentel", mediante el análisis de imágenes de la conjuntiva palpebral? Esta investigación se justifica científicamente ya que contribuye al conocimiento sobre sistemas de monitoreo preventivo de la anemia mediante el análisis de la conjuntiva palpebral, aplicándolo específicamente en Lambayeque, en niños menores de 5 años del distrito de Pimentel. Desde un enfoque tecnológico, la justificación se basa en el desarrollo de una aplicación móvil multiplataforma que permita a los padres detectar y hacer un seguimiento continuo de la anemia de sus hijos, con herramientas educativas, todo desde la comodidad del hogar, además este método no invasivo ofrece una solución accesible y efectiva para prevenir la anemia. En cuanto al impacto social se justifica porque beneficia a los niños al permitir la detección temprana de la anemia, facilitando intervenciones oportunas que mejoran su calidad de vida. Desde la perspectiva económica, la solución contribuye a ofrecer un sistema sin costos y a reducir el tiempo de detección, lo que genera un impacto positivo en la salud infantil en el Centro de Salud "Pimentel" y promueve el monitoreo preventivo, reduciendo los casos de anemia en la infancia en Lambayeque. En este sentido, se planteó como objetivo general desarrollar un sistema de monitoreo preventivo que permita a los padres alertar desde casa sobre posibles casos de anemia en niños menores de 5 años atendidos en el Centro de Salud "Pimentel" mediante imágenes de la conjuntiva palpebral. Asimismo, como objetivos específicos se definió crear un modelo

basado en Deep Learning que analice imágenes de la conjuntiva palpebral para detectar signos de anemia en niños menores de 5 años, construir una aplicación móvil multiplataforma que incorpore el modelo de detección de anemia, compatible con dispositivos Android e iOS, permitiendo a los padres monitorear y alertar desde casa sobre posibles casos de anemia, validar la precisión y confiabilidad del sistema móvil mediante pruebas con casos reales de niños menores de 5 años atendidos en el Centro de Salud "Pimentel", y, finalmente, evaluar la aceptación tecnológica de la solución propuesta, considerando la percepción de utilidad y facilidad de uso basada en el modelo TAM.

Revisión de literatura

Antecedentes

En la investigación de Appiahene et al. [12] se abordó la detección mediante imágenes de la palma de la mano utilizando un enfoque de modelos conjuntos o Ensemble Learning. Los investigadores recolectaron imágenes de las palmas de 710 participantes, que luego fueron segmentadas y procesadas para extraer los valores RGB. Las imágenes fueron preprocesadas, eliminando ruidos y mejorando su calidad, lo que permitió identificar características clave para el diagnóstico, aplicaron técnicas avanzadas como stacking, boosting y bagging, combinando algoritmos de aprendizaje automático como Random Forest y Máquina de vectores de soporte (SVM), para mejorar la precisión en la clasificación de anemia. El stacking logró los mejores resultados, con una precisión del 99.73%, demostrando la eficacia de este enfoque en entornos médicos donde el diagnóstico rápido es crucial. De manera similar, en otra investigación de Appiahene et al. [13] desarrollaron un método para detectar anemia usando imágenes de la palma, recolectaron 527 imágenes de niños menores de 5 años en hospitales de Ghana, ampliando el conjunto a 2635 con técnicas de aumento de datos como rotación y volteo; dichas imágenes se segmentaron para identificar la región de interés y procesaron en el espacio de color CIE Lab* para extraer características importantes. Luego, entrenaron y probaron varios modelos de aprendizaje automático, incluyendo CNN, K-Vecinos más cercanos (k-NN), Naive Bayes y SVM; en la cual CNN y Naive Bayes alcanzaron precisiones del 99.92% y 99.96%, respectivamente, y fueron validados con validación cruzada y métricas como F1-score y Área bajo la curva (AUC).

Por otro lado, en el estudio de Asare et al. [9], se abordó la problemática de la detección de anemia en niños mediante imágenes de la conjuntiva, utilizando algoritmos de Machine Learning (ML). Los modelos empleados incluyeron CNN, k-NN, y Naïve Bayes, entre otros. La metodología se centró en la segmentación de imágenes en el espacio de color CIELAB y la

recolección de datos en comunidades con recursos médicos limitados. Los resultados alcanzaron una precisión del 98.45% en la detección de la anemia, demostrando la efectividad de esta técnica en áreas con acceso limitado a servicios de salud. Continuando con la misma idea, en la investigación de, Appiahene et al. [10] se desarrolló un sistema para la detección de anemia mediante imágenes de la conjuntiva ocular capturadas a través de un smartphone. Utilizando CNN, regresión logística y un algoritmo de desenfoque gaussiano, se procesaron las imágenes para correlacionarlas con los niveles de hemoglobina. El estudio empleó una base de datos de 710 imágenes, que fueron preprocesadas para eliminar la interferencia de luz ambiental. Las imágenes se enviaban a un servidor FastAPI para análisis en tiempo real, logrando una precisión del 92.50%, una sensibilidad del 90% y una especificidad del 95%, con tiempos de respuesta promedio de 50 segundos. Además en la investigación de Asare et al. [11], se exploró la detección de anemia mediante imágenes de la palma de la mano, uñas y conjuntiva del ojo en niños menores de 6 años. Utilizaron algoritmos de aprendizaje automático como Naive Bayes, CNN, SVM, k-NN y árboles de decisión para clasificar las imágenes como anémicas o no anémicas, alcanzando la mayor precisión con la CNN (99.12%) en el análisis de imágenes de la palma. Las imágenes fueron preprocesadas con técnicas como la segmentación y conversión a espacios de color CIE Lab* para mejorar su calidad. Además, aplicaron aumento de datos para evitar el sobreajuste debido a la limitada cantidad de imágenes.

Por último, en el estudio de Anku et al. [14], se emplearon algoritmos de ML para predecir e identificar factores asociados con la desnutrición en niños menores de cinco años en Ghana, utilizando datos del Multiple Indicator Cluster Survey (MICS) de 2017. Se analizaron indicadores de desnutrición como stunting, wasting y underweight mediante algoritmos como XGBoost, SVM y RF, logrando una alta precisión, con valores de hasta 98%. Se identificaron variables clave como el peso, la altura, la edad, el sexo, la región de residencia y la etnia, que fueron determinantes en los modelos de predicción.

Bases teóricas

Anemia:

Definición: La anemia es una afección donde la sangre no transporta suficiente oxígeno debido a una baja cantidad de glóbulos rojos o hemoglobina. Esto provoca síntomas como cansancio y dificultad para respirar. Es común en niños pequeños, mujeres en edad fértil y embarazadas [17].

Tipos: La anemia incluye varios tipos, como la de deficiencia de hierro, vitamina B12 o folato, así como la asociada a enfermedades crónicas, hemolítica, aplásica idiopática, megaloblástica, perniciosa, drepanocítica y talasemia [16].

Métodos de detección:

Métodos invasivos: Un procedimiento invasivo implica la penetración del cuerpo con instrumentos, como agujas o sondas, y requiere mayor cuidado en la recuperación debido a su naturaleza más agresiva en comparación con los procedimientos no invasivos [18], [19].

Métodos no invasivos: Un procedimiento no invasivo no requiere penetrar la piel ni utilizar instrumentos dentro del cuerpo. Ejemplos incluyen radiografías, tomografías, resonancias magnéticas y monitores Holter, que permiten el diagnóstico sin intervención directa [18].

Conjuntiva palpebral: La conjuntiva es una membrana delgada que recubre la parte blanca del ojo y el interior de los párpados como se muestra la Fig. 1. Protege al ojo de agentes externos, contribuye a la producción de lágrimas y participa en la defensa inmunológica ocular [20].

Forma para detectar la anemia: La técnica de eversión permite examinar la conjuntiva para verificar la irrigación sanguínea, donde la palidez suele ser un indicio frecuente de anemia [21].

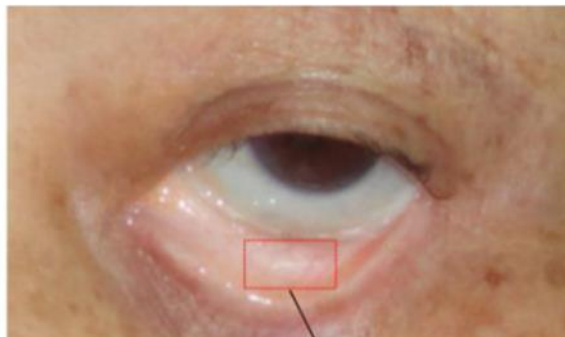


Fig. 1 Imagen de la conjuntiva palpebral

Deep Learning

Definición: El Deep Learning es una subárea del ML que utiliza redes neuronales de múltiples capas para emular la capacidad de toma de decisiones humanas, siendo clave en muchas aplicaciones actuales de inteligencia artificial (IA) [22].

Tipos: Los tipos de aprendizaje en Deep Learning incluyen el aprendizaje supervisado, que usa datos etiquetados para predecir resultados; el aprendizaje no supervisado, que organiza datos sin etiquetar; y el aprendizaje por refuerzo, que entrena mediante prueba y error con retroalimentación para mejorar [23].

CNN: Entre sus arquitecturas se encuentran las CNN, que son capaces de detectar patrones en imágenes y videos. Estas redes constan de varias capas de nodos, incluyendo una capa de entrada, una o más capas ocultas y una capa de salida. Cada nodo está interconectado con otros, y cada conexión tiene un peso y un umbral específicos [24].

Aplicaciones: El Deep Learning se aplica en sectores como atención al cliente con chatbots avanzados, asistentes virtuales, análisis financiero para detectar fraudes y gestionar riesgos, salud mediante reconocimiento de imágenes, y fuerzas del orden para identificar patrones delictivos en grandes volúmenes de datos [22].

Sistema multiplataforma

Definición: Un sistema multiplataforma se desarrolla con un solo código base y funciona en varios sistemas. Esto reduce el mantenimiento, el tiempo y la inversión de desarrollo. Las herramientas actuales facilitan su creación, evitando desarrollar aplicaciones nativas o híbridas separadas [25].

Aplicación Nativa: Una aplicación móvil nativa es un software desarrollado específicamente para un tipo particular de dispositivo móvil, que se obtiene y configura directamente en ese dispositivo [26].

Sistema Operativo Android y iOS: Son los dos sistemas operativos móviles más populares; iOS, exclusivo de Apple, y Android, de código abierto de Google. Para maximizar el alcance de una app, es clave que sea compatible con ambos, ya que abarcan diferentes dispositivos [27], [28].

React Native: El framework React Native es ideal para desarrolladores familiarizados con JavaScript, ya que facilita la transición y reduce la curva de aprendizaje. Su enfoque basado en componentes es intuitivo, y su comunidad activa ofrece numerosos recursos [29].

Metodología de desarrollo y/o marco de trabajo: SCRUM es un marco ágil que promueve la colaboración y flexibilidad mediante Sprints, permitiendo adaptarse rápidamente a los cambios de requisito [30]. Por otro lado, CRISP-DM es un estándar utilizado en minería de datos y aprendizaje automático, que guía el proceso desde la comprensión del negocio hasta la implementación, asegurando una correcta extracción de conocimiento a partir de los datos [31].

Materiales y métodos

Tipo de investigación

Este estudio se considera una investigación aplicada, ya que su objetivo principal es desarrollar un sistema móvil multiplataforma que permita a los padres alertar sobre posibles casos de anemia en niños menores de cinco años del Centro de Salud "Pimentel". Según [32], la investigación aplicada busca generar soluciones prácticas basadas en el conocimiento científico para resolver problemas específicos. En este caso, se aplican técnicas de Deep Learning, específicamente modelos de CNN, para el análisis de imágenes de la conjuntiva palpebral. Este enfoque innovador ofrece una herramienta accesible y eficaz para los padres, facilitando el monitoreo preventivo de la anemia y abordando un problema de salud pública en áreas con recursos limitados. Además, se llevarán a cabo pruebas con casos reales de niños menores de 5 años del Centro de Salud "Pimentel" para validar el sistema.

Métodos de investigación

Los métodos de investigación empleados en esta investigación están enfocados en abordar el problema de la anemia infantil en niños menores de 5 años en el distrito de Pimentel. A continuación, se amplía la descripción de cada uno de los métodos utilizados, que están detallados en la Tabla I:

Tabla I
Métodos de investigación

Método	Descripción
Analítico [33]	Se analizó la situación del Centro de Salud "Pimentel", donde los casos de anemia infantil en niños menores de 5 años han aumentado considerablemente. Se identificó las causas y características del problema mediante encuestas, entrevistas y revisión de datos estadísticos. Esto permitió entender las barreras para un monitoreo continuo y accesible de la anemia en sus hijos.
Deductivo [33], [34]	Se planteó una estrategia que responda al problema identificado. Esta estrategia se centró en la creación de un sistema móvil multiplataforma que permita a los padres monitorear la anemia de sus hijos desde casa, utilizando principios

Implementación [35]	<p>teóricos y tecnológicos como el Deep Learning para analizar imágenes de la conjuntiva palpebral y detectar signos de anemia.</p> <p>Se desarrolló un sistema móvil multiplataforma utilizando tecnologías como Python para el modelo de Deep Learning y Flutter o React Native para la aplicación móvil. Este sistema permitió a los padres monitorear de forma constante la anemia en sus hijos menores de 5 años, asegurando compatibilidad con dispositivos Android e iOS.</p>
Evaluación/Testeo [35]	<p>Se validó el sistema mediante pruebas reales con niños del Centro de Salud "Pimentel". La evaluación incluyó indicadores basado en Deep Learning, se evaluó la aceptación tecnológica del sistema mediante la percepción de utilidad y facilidad de uso basado en el modelo TAM. Además, se verificó la calidad del sistema según el estándar ISO 25010, asegurando compatibilidad y seguridad de la aplicación en dispositivos Android y iOS.</p>

En la Tabla II se detallan las técnicas e instrumentos utilizados para la recopilación de datos en el estudio. Estas herramientas fueron fundamentales para obtener información relevante que permitiera comprender la problemática de la anemia infantil y validar la efectividad del sistema desarrollado. A continuación, se describe con mayor detalle cada técnica e instrumento empleado:

Tabla II
Técnicas de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Propósito	Muestra
Entrevista	Cuestionario y preguntas abiertas (Ver anexo N°3).	Conocer la realidad problemática. Recopilar información para realizar las estadísticas de los casos de anemia en niños atendidos en el centro de salud	Nutricionista del centro de salud.
Análisis documental	Ficha de recolección de datos.	Recopilar y analizar información sobre la anemia en niños.	Norma Técnica de Salud 213 [36].
Observación	Registro de resultados de diagnóstico.	Comprobar la precisión del sistema en casos reales de niños menores de 5 años del Centro de Salud "Pimentel".	De un total de 67 niños menores de 5 años en el centro de salud, 10 niños están en la muestra.
Encuestas	Cuestionario estructurado basado en el modelo TAM (Ver anexo N°6).	Evaluar la aceptación tecnológica de la aplicación móvil para la detección de anemia en menores de 5 años.	10 padres de familia.

En la Tabla III se detalla la matriz de consistencia de la investigación, la cual presenta una relación entre los elementos clave del estudio: la formulación del problema, los objetivos, los métodos de investigación, las técnicas e instrumentos utilizados para la recopilación de datos y los indicadores para evaluar el logro de los objetivos específicos. A continuación, se explica con mayor detalle cómo se organizan estos elementos y cómo se vinculan entre sí.

Tabla III
Matriz de Consistencia

Formulación del problema		Método de investigación
¿Cómo desarrollar un sistema móvil multiplataforma basado en Deep Learning que permita a los padres alertar desde casa sobre posibles casos de anemia en niños menores de 5 años atendidos en el Centro de Salud "Pimentel", mediante el análisis de imágenes de la conjuntiva palpebral?		Tipo de investigación: Aplicada
Objetivo general	Método	Descripción
Desarrollar un sistema de monitoreo preventivo que permita a los padres alertar desde casa sobre posibles casos de anemia en niños menores de 5 años atendidos en el Centro de Salud "Pimentel" mediante imágenes de la conjuntiva palpebral.	Analítico	Se analizó la situación del Centro de Salud "Pimentel", donde los casos de anemia infantil en niños menores de 5 años han aumentado considerablemente. Se identificó las causas y características del problema mediante encuestas, entrevistas y revisión de datos estadísticos. Esto permitió entender las barreras para un monitoreo continuo y accesible de la anemia en sus hijos.
	Deductivo	Se planteó una estrategia que responda al problema identificado. Esta estrategia se centró en la creación de un sistema móvil multiplataforma que permita a los padres monitorear la anemia de sus hijos desde casa, utilizando principios teóricos y tecnológicos como el Deep Learning para analizar imágenes de la conjuntiva palpebral y detectar signos de anemia.
	Implementación	Se desarrolló un sistema móvil multiplataforma utilizando tecnologías como Python para el modelo de Deep Learning y Flutter o React Native para la aplicación móvil. Este sistema permitió a los padres monitorear de forma constante la anemia en sus hijos menores de 5 años, asegurando compatibilidad con dispositivos Android e iOS.

Evaluación/Testeo
 Se validó el sistema mediante pruebas reales con niños del Centro de Salud "Pimentel". La evaluación incluyó indicadores basado en Deep Learning, se evaluó la aceptación tecnológica del sistema mediante la percepción de utilidad y facilidad de uso basado en el modelo TAM. Además, se verificó la calidad del sistema según el estándar ISO 25010, asegurando compatibilidad y seguridad de la aplicación en dispositivos Android y iOS.

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Entrevista	Cuestionario y preguntas abiertas (Ver anexo N°3).	Nutricionista del centro de salud	Se conoció la realidad problemática y se recopiló información para elaborar las estadísticas de los casos de anemia en niños atendidos en el centro de salud. Se recopiló y analizó información sobre la anemia en niños menores de 5 años con base en la Norma Técnica de Salud 213 [36].
Análisis documental	Ficha de recolección de datos	Norma Técnica de Salud 213 [36].	Se comprobó la precisión del sistema mediante casos reales de niños menores de 5 años atendidos en el Centro de Salud "Pimentel".
Observación	Registro de resultados de diagnóstico	De un total de 67 niños menores de 5 años en el centro de salud, 10 niños están en la muestra.	Se evaluó la aceptación tecnológica de la aplicación móvil para la detección de anemia en niños menores de 5 años.
Encuestas	Cuestionario estructurado basado en el modelo TAM (Ver anexo N°6).	10 padres de familia	

Objetivos específicos

Crear un modelo basado en Deep Learning que analice imágenes de la conjuntiva palpebral para detectar signos de anemia en niños menores de 5 años.
 Construir una aplicación móvil multiplataforma que incorpore el modelo de detección de anemia, compatible con dispositivos Android e iOS, permitiendo a

Descripción del logro de los objetivos específicos

Se desarrolló un modelo de Deep Learning capaz de analizar imágenes de la conjuntiva palpebral para detectar posibles signos de anemia en niños menores de 5 años.
 Se construyó una aplicación móvil multiplataforma compatible con dispositivos Android e iOS, la cual integró el modelo entrenado, permitiendo a los padres realizar evaluaciones desde casa y recibir alertas sobre posibles casos de anemia.

Indicadores

Los indicadores utilizados para evaluar el modelo fueron el F1-Score, Recall, Accuracy y tasa de error, permitiendo medir su rendimiento y confiabilidad. Los indicadores incluyeron la compatibilidad y seguridad de la aplicación, evaluando su funcionamiento y confiabilidad.

los padres monitorear y alertar desde casa sobre posibles casos de anemia.

Validar la precisión y confiabilidad del sistema móvil mediante pruebas con casos reales de niños menores de 5 años atendidos en el Centro de Salud "Pimentel".

Evaluar la aceptación tecnológica de la solución propuesta, considerando la percepción de utilidad y facilidad de uso basada en el modelo TAM.

Se validó la precisión y confiabilidad del sistema móvil mediante pruebas realizadas con casos reales en el Centro de Salud "Pimentel".

Se evaluó la aceptación tecnológica de la solución propuesta mediante la aplicación de encuestas basadas en el modelo TAM, recopilando información de los padres de familia respecto a la utilidad percibida, facilidad de uso e intención de adopción de la herramienta tecnológica.

Los indicadores utilizados en la validación fueron la precisión y la tasa de error, evaluando la concordancia con los resultados obtenidos.

Los indicadores de aceptación tecnológica incluyeron la percepción de utilidad y la facilidad de uso, determinando el nivel de aceptación de la solución.

Resultados y discusión

Crear un modelo basado en Deep Learning que analice imágenes de la conjuntiva palpebral para detectar signos de anemia en niños menores de 5 años.

Se creó un modelo de Deep Learning para detectar signos de anemia en niños menores de 5 años mediante imágenes de la conjuntiva palpebral. Utilizando una arquitectura de CNN, como se muestra en la Fig. 2, especialmente adecuada para el procesamiento de imágenes médicas, el modelo fue entrenado con un conjunto de datos de 4272 imágenes segmentadas y etiquetadas obtenidas del Eye Conjunctiva Segmentation Dataset. Este dataset incluye imágenes de niños con y sin signos de anemia, lo que permitió al modelo aprender a identificar las características visuales asociadas con la anemia, proporcionando una herramienta efectiva para su monitoreo temprano.

Durante el preprocesamiento, las imágenes fueron redimensionadas a 160x160 píxeles y se aplicó padding para mantener las proporciones sin distorsionarlas. Además, se normalizaron utilizando la función `preprocess_input` de EfficientNet, asegurando que las imágenes fueran consistentes y adecuadas para el modelo, lo que mejoró su rendimiento durante el entrenamiento. El modelo se basó en EfficientNetV2B0, una red preentrenada en ImageNet, adaptada para clasificación binaria (anemia/no anemia), como se muestra en las Fig. 4 y Fig. 5. Se excluyó la capa superior (`include_top=False`) para personalizar la red y enfocarla en la tarea de clasificación. El modelo fue entrenado con una tasa de aprendizaje de 0.0001 y optimizado con Adam.

El entrenamiento se realizó durante 50 épocas, utilizando un callback de early stopping para evitar el sobreajuste, deteniendo el entrenamiento si no se observaban mejoras en la pérdida de validación después de 7 épocas. También se utilizó `ReduceLROnPlateau` para ajustar la tasa de aprendizaje cuando la mejora se estancaba, optimizando el rendimiento del modelo.

Una vez entrenado, el modelo fue evaluado utilizando el conjunto de prueba, obteniendo los siguientes resultados: F1-Score de 0.83, Recall de 0.84, Accuracy de 0.83 y una tasa de error de 0.16, como se visualiza en la Tabla IV. Estos valores indican un buen desempeño del modelo en la identificación tanto de casos anémicos como no anémicos, con un alto nivel de precisión y confiabilidad. Además, la matriz de confusión, mostrada en la Fig. 3, generada durante la evaluación, confirma que el modelo tiene una alta tasa de aciertos, validando su efectividad para la detección temprana de la anemia.

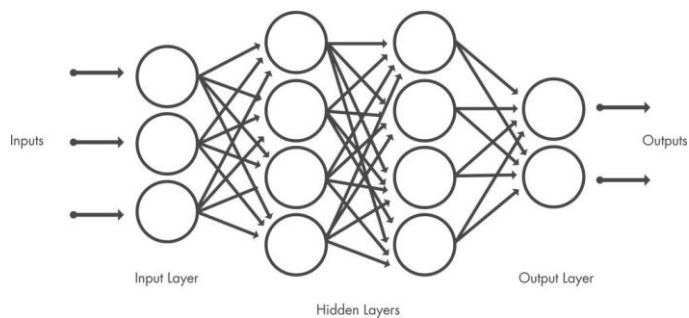


Fig. 1 Arquitectura de las redes neuronales convolucionales

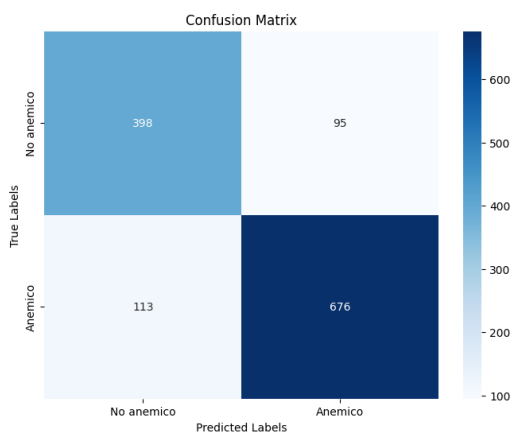


Fig. 2 Matriz de confusión del modelo



Fig. 3 Imagen de la conjuntiva palpebral con anemia



Fig. 4 Imagen de la conjuntiva palpebral sin anemia

Tabla IV

Evaluación del modelo

Métrica	F1 Score	Recall	Accuracy	Error Rate
Valor	0.83	0.84	0.83	0.16

Construir una aplicación móvil multiplataforma que incorpore el modelo de detección de anemia, compatible con dispositivos Android e iOS, permitiendo a los padres monitorear y alertar desde casa sobre posibles casos de anemia.

Se construyó una aplicación móvil multiplataforma utilizando la metodología SCRUM, diseñada específicamente para padres con el fin de facilitar el monitoreo constante de la salud de sus hijos en relación con la anemia. Para su desarrollo, se utilizó Expo con React Native, lo que permitió crear una única base de código compatible con dispositivos Android e iOS, optimizando así el proceso de desarrollo y garantizando una mayor adaptabilidad a diferentes dispositivos.

La aplicación fue concebida como una herramienta preventiva y educativa, permitiendo a los usuarios capturar imágenes de la conjuntiva, recibir alertas sobre posibles signos de riesgo y llevar un historial de los controles realizados. Como se observa en la Fig. 6, que muestra la interfaz de monitoreo de la anemia en la app, además, se incluyen funcionalidades clave como el registro de usuarios, la gestión de perfiles de niños, la visualización de resultados, la exportación de reportes en PDF y el acceso a contenidos educativos sobre hábitos saludables y prevención de la anemia. Además, el modelo de detección de anemia fue integrado a través de APIs desarrolladas en Python con Flask. Con esta solución, los padres tienen la posibilidad de anticiparse a posibles complicaciones y tomar decisiones informadas sin depender exclusivamente de visitas presenciales al centro de salud, como se muestra en la Fig. 7, que presenta el resultado de la consulta de anemia.



Fig. 5 Imagen del monitoreo de la anemia en la app

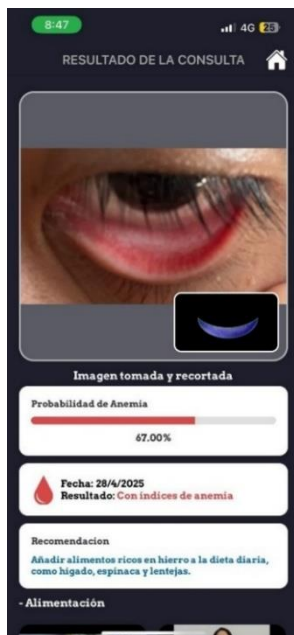


Fig. 6 Imagen del resultado de la consulta de anemia

Validar la precisión y confiabilidad del sistema móvil mediante pruebas con casos reales de niños menores de 5 años atendidos en el Centro de Salud "Pimentel". un modelo basado en Deep Learning que analice imágenes de la conjuntiva palpebral para detectar signos de anemia en niños menores de 5 años.

Se validó la precisión y confiabilidad del sistema móvil mediante pruebas con casos reales de niños menores de 5 años atendidos en el Centro de Salud "Pimentel". El modelo de Deep Learning, diseñado para analizar imágenes de la conjuntiva palpebral y detectar signos de anemia, fue evaluado en condiciones controladas que replican el entorno y las necesidades del centro de salud.

La validación se centró en comprobar la utilidad del sistema como herramienta de seguimiento preventivo, verificando su funcionamiento en condiciones reales de uso. Durante este proceso, se compararon los resultados emitidos por el sistema con los diagnósticos tradicionales. Los indicadores utilizados en la validación fueron la precisión y la tasa de error, evaluando la concordancia con los resultados obtenidos a través de los diagnósticos tradicionales.

En total, se realizaron pruebas con una muestra de 10 niños, de los cuales 5 eran anémicos y 5 no anémicos. De los 5 niños anémicos, el modelo detectó correctamente a los 5, mientras que de los 5 niños no anémicos, el modelo cometió un error al clasificar 1 niño como anémico, lo que resultó en una tasa de error de 0.1.

A continuación, se presenta en la Tabla V los resultados de la validación:

Tabla V
Resultados de la Validación del Modelo

Clase	Casos Correctos	Casos Incorrectos	Precisión	Tasa de Error
Anémicos	5	0	100%	
No Anémicos	4	1	80%	10%
Total	9	1	90%	10%

Objetivo 4: Evaluar la aceptación tecnológica de la solución propuesta, considerando la percepción de utilidad y facilidad de uso basada en el modelo TAM.

Se evaluó la aceptación tecnológica del sistema por parte de los usuarios, es decir, los padres que utilizarían la aplicación. Para ello, se utilizó el Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM), que considera dos dimensiones clave: utilidad percibida y facilidad de uso percibida.

La evaluación se llevó a cabo a través de una encuesta estructurada, aplicada después del uso del sistema en condiciones reales o simuladas. Los resultados de esta evaluación permitieron comprender cómo los usuarios valoran la herramienta, si consideran que realmente les ayuda a monitorear la salud de sus hijos y si encuentran la aplicación intuitiva, comprensible y fácil de usar. Estos resultados no solo validaron la propuesta, sino que también identificaron oportunidades de mejora, reforzando el enfoque centrado en el usuario.

Para ver la estructura de la encuesta mediante el modelo TAM vea el Anexo N° 6.

La fórmula utilizada para calcular la aceptación tecnológica fue:

$$\% \text{ de aceptación} = ((\text{Total de respuestas A} + \text{TA})/100) * 100$$

A continuación, se muestra en la Tabla VI los resultados de la encuesta de aceptación:

Tabla VI
Resultados de la Evaluación de Aceptación Tecnológica

Ítem	Total de respuestas	% de Aceptación
Facilidad de Uso		
La aplicación es fácil de aprender a usar.	10	100%
La interfaz del sistema es clara y comprensible.	10	95%
Me siento cómodo/a usando la aplicación sin necesidad de ayuda.	10	100%
Navegar entre las funciones de la app es sencillo.	10	90%
El diseño visual facilita su uso.	10	95%
Utilidad Percibida		
Usar esta aplicación mejora mi capacidad de cuidar la salud de mi hijo(a).	10	100%

El sistema me permite identificar posibles signos de anemia de forma anticipada.	10	95%
Gracias a esta app, puedo realizar un seguimiento de los controles médicos sin necesidad de acudir al centro de salud.	10	100%
Las recomendaciones y resultados son útiles para tomar decisiones sobre la salud de mi hijo(a).	10	90%
Considero que esta aplicación es una herramienta útil en la prevención de la anemia infantil.	10	100%
Satisfacción General		
Estoy satisfecho/a con el uso general del sistema.	10	95%
Me gustaría seguir usando esta aplicación en el futuro.	10	100%
Recomendaría esta herramienta a otros padres.	10	95%
La app cubre mis expectativas en cuanto a control de salud infantil.	10	100%

Discusiones

La presente investigación comparte similitudes y diferencias clave con varios estudios previos sobre la detección de anemia infantil mediante imágenes de la conjuntiva palpebral. En primer lugar, tanto Asare et al. [9] como Appiahene et al. [10] implementaron modelos para detectar anemia, logrando exactitudes de 98.45% y 92.5%, respectivamente. Sin embargo, sus enfoques se centraron principalmente en la clasificación de imágenes en entornos controlados, con Asare et al. utilizando un dataset de 2635 imágenes aumentadas y Appiahene et al. un backend en FastAPI. A diferencia de estos enfoques, la investigación actual no solo se centró en la clasificación, sino que implementó una aplicación móvil multiplataforma en React Native, la cual incluye funcionalidades adicionales como el seguimiento de la evolución de la anemia, la creación de perfiles para cada niño y módulos educativos para los padres. Este enfoque práctico y validado con pruebas reales en familias lo hace más accesible y aplicable en un entorno real, lo cual no se abordó en los estudios de Asare et al. [9] ni Appiahene et al. [10], que se limitaron al análisis de imágenes sin interacción directa con los usuarios.

Por otro lado, en el estudio de Appiahene et al. [11], se alcanzó una precisión de 99% utilizando un conjunto de 527 imágenes de palma de la mano, aumentado a 2635 imágenes. Aunque los resultados fueron impresionantes, este enfoque se basa en imágenes de la palma de la mano, lo que limita la representatividad en un entorno real. En contraste, esta investigación utilizó 4272 imágenes de conjuntiva palpebral, lo que permitió entrenar un modelo más robusto y generalizable. Además, a diferencia del estudio de Appiahene et al. [11], que no incluyó funcionalidades como el seguimiento de la salud o la educación de los

padres, el sistema de esta investigación ofrece una solución integral que incluye estas funcionalidades clave para el monitoreo activo de la salud infantil.

En comparación con el trabajo de Anku et al. [14], que se centró en la predicción de desnutrición infantil utilizando un conjunto de 8564 niños, la investigación actual se especializa exclusivamente en la detección de anemia en niños menores de cinco años, con un modelo de Deep Learning implementado en una aplicación móvil real. Aunque el estudio de Anku et al. logró una precisión de hasta 98%, su enfoque se basó en datos demográficos y no en la detección de imágenes, lo que hace que esta investigación sea más específica y adecuada para un uso práctico en el monitoreo de la anemia infantil.

Finalmente, en los estudios de Appiahene et al. [13] y Appiahene et al. [12], que exploraron enfoques de aumento de datos con imágenes de la palma de la mano y modelos ensemble, se alcanzaron precisiones de hasta 99%. Sin embargo, estos enfoques se basaron en un conjunto más pequeño de datos (527 imágenes) y métodos algorítmicos complejos que implican un alto costo computacional, dificultando su implementación en aplicaciones móviles o zonas con recursos limitados. En contraste, esta investigación utilizó EfficientNetV2B0, un modelo más eficiente para el despliegue móvil, alcanzando métricas satisfactorias como F1 Score de 0.83 y Error Rate de 0.16. Además, el sistema de esta investigación no se limita solo a la predicción de anemia, sino que ofrece una solución completa con monitoreo de salud, perfiles personalizados y educación para los padres, lo que lo convierte en una herramienta más viable y útil para la comunidad de Pimentel, en comparación con los modelos más complejos propuestos en los estudios de Appiahene et al. [12] y Appiahene et al. [13].

En resumen, aunque algunos estudios previos reportan métricas de precisión superiores, la investigación actual destaca por su aplicabilidad práctica, su validación con pruebas reales, y su enfoque integral, que incluye seguimiento de salud y educación para los padres, lo que la convierte en una herramienta más útil y accesible para la prevención y el monitoreo de la anemia infantil en entornos reales, diferenciándose de estudios como los de Asare et al. [9], Appiahene et al. [10], Anku et al. [14], Appiahene et al. [11], y Appiahene et al. [12], que no integraron estas funcionalidades en sus propuestas.

Conclusiones

El desarrollo del sistema de monitoreo preventivo de anemia mediante imágenes de la conjuntiva palpebral en niños menores de 5 años ha logrado cumplir con los objetivos

establecidos al inicio de la investigación. Se creó un modelo de Deep Learning capaz de analizar imágenes de la conjuntiva palpebral para detectar signos de anemia en niños menores de 5 años, alcanzando una precisión del 90% en las pruebas realizadas. Este logro ha permitido desarrollar un sistema eficaz que permite a los padres monitorear la salud de sus hijos desde casa, contribuyendo a la detección temprana de la anemia sin la necesidad de visitas frecuentes a los centros de salud.

Además, se construyó una aplicación móvil multiplataforma que integra este modelo de detección de anemia, lo que facilita a los padres la tarea de realizar un seguimiento constante de la salud de sus hijos, tanto en dispositivos Android como iOS. Esta herramienta ha resultado ser intuitiva y fácil de usar, lo que ha favorecido su adopción por parte de los usuarios. La simplicidad y accesibilidad de la interfaz han permitido que los padres interactúen con el sistema de manera fluida, contribuyendo a una mayor efectividad en su uso.

La validación de la precisión y confiabilidad del sistema móvil, realizada mediante pruebas con casos reales de niños atendidos en el Centro de Salud "Pimentel", demostró que el sistema puede ser utilizado de forma efectiva en el entorno real, obteniendo resultados confiables. Asimismo, se evaluó la aceptación tecnológica de la solución propuesta, y los resultados obtenidos mostraron una alta percepción de utilidad y facilidad de uso por parte de los padres, lo que valida la viabilidad de la herramienta como una solución de salud preventiva.

En conjunto, este sistema no solo cumple con su objetivo de diagnóstico, sino que también desempeña un rol educativo importante, proporcionando a los padres información valiosa sobre la prevención de la anemia y hábitos saludables, lo que contribuye a mejorar la calidad de vida de los niños y a crear conciencia sobre la importancia de la salud preventiva en la comunidad.

Recomendaciones

Se recomienda utilizar un dataset de mayor magnitud y diversidad para entrenar el modelo de Deep Learning, lo que permitiría mejorar la precisión y capacidad de generalización del sistema. En el contexto del Perú, es esencial comenzar a desarrollar y recopilar un dataset específico de imágenes de la conjuntiva palpebral de niños, adaptado a las características demográficas y culturales locales, con el fin de personalizar aún más el sistema y mejorar su efectividad en la detección de anemia.

Además, se sugiere integrar otros factores de salud, como la historia clínica y los hábitos alimenticios de los niños, para enriquecer el análisis y aumentar la robustez del sistema. Esto permitiría detectar no solo anemia, sino también otras posibles afecciones relacionadas, ofreciendo una solución más integral.

También se recomienda realizar un estudio más amplio, con una muestra representativa de diversas regiones del país, para validar la efectividad del sistema en diferentes contextos y con diversos grupos de usuarios. La retroalimentación obtenida en estas pruebas podría facilitar ajustes adicionales en el modelo y la interfaz de la aplicación, mejorando su usabilidad y efectividad en comunidades con diferentes niveles de acceso a servicios de salud.

Por último, a medida que la tecnología avanza, se recomienda que el sistema se adapte constantemente a nuevas tecnologías y metodologías en el campo del Deep Learning y la inteligencia artificial. Esto incluye la actualización de los modelos con nuevas arquitecturas más eficientes, la incorporación de métodos de análisis más avanzados, y la integración con dispositivos móviles más innovadores. La adaptación continua a los avances tecnológicos asegurará que el sistema siga siendo relevante, eficaz y accesible para los usuarios en el futuro.

Referencias

- [1] World Health Organization, «Anemia». Accedido: 1 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/anaemia>
- [2] MIDIS, «Plan Multisectorial de la Lucha Contra la Anemia». Accedido: 1 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://sdv.midis.gob.pe/Sis_Anemia/Uploads/Indicadores/PlanMultisectorial_v_corta.pdf
- [3] National Heart, Lung, and Blood Institute, «Anemia - ¿Qué es la anemia? | NHLBI, NIH». Accedido: 1 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/anemia>
- [4] INEI, «Indicadores de Resultados de los Programas Presupuestales ENDES 2023». Accedido: 1 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2023/ppr/Indicadores_de_Resultados_de_los_Programas_Presupuestales_ENDES_2023.pdf
- [5] MIDIS, «Reporte regional de indicadores sociales de Lambayeque». Accedido: 1 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://sdv.midis.gob.pe/RedInforma/Upload/regional/Lambayeque.pdf>
- [6] Mayo Clinic, «Anemia - Síntomas y causas - Mayo Clinic». Accedido: 1 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/anemia/symptoms-causes/syc-20351360>
- [7] RPP, «Anemia infantil en el Perú: ¿Cuáles son las consecuencias en el desarrollo de los niños y niñas? | RPP Noticias». Accedido: 1 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://rpp.pe/campanas/valor-compartido/anemia-infantil-en-el-peru-cuales-son-las-consecuencias-en-el-desarrollo-de-los-ninos-y-ninas-noticia-1518254?ref=rpp>
- [8] S. W. I. swissinfo.ch, «Gobierno peruano se plantea el reto de reducir la anemia al 30,4 % en 2030 - SWI swissinfo.ch». Accedido: 1 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.swissinfo.ch/spa/gobierno-peruano-se-plantea-el-reto-de-reducir-la-anemia-al-30-4-en-2030/48848064>
- [9] J. W. Asare, W. L. Brown-Acquaye, M. M. Ujakpa, E. Freeman, y P. Appiahene, «Application of machine learning approach for iron deficiency anaemia detection in children using conjunctiva images», *Inform. Med. Unlocked*, vol. 45, p. 101451, 2024, doi: 10.1016/j.imu.2024.101451.

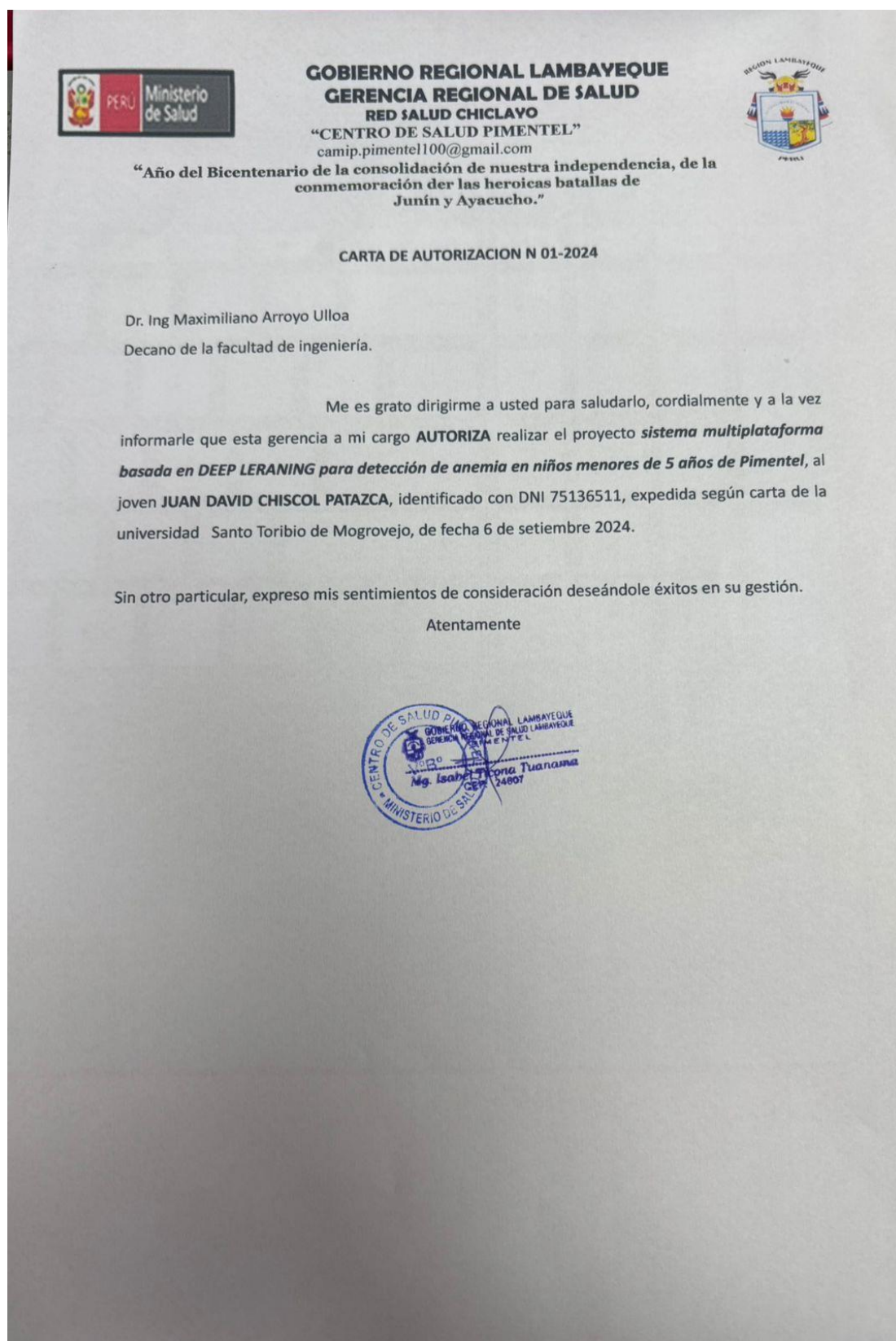
- [10] P. Appiahene, E. J. Arthur, S. Korankye, S. Afrifa, J. W. Asare, y E. T. Donkoh, «Detection of anemia using conjunctiva images: A smartphone application approach», *Med. Nov. Technol. Devices*, vol. 18, p. 100237, jun. 2023, doi: 10.1016/j.medntd.2023.100237.
- [11] J. W. Asare, P. Appiahene, E. T. Donkoh, y G. Dimauro, «Iron deficiency anemia detection using machine learning models: A comparative study of fingernails, palm and conjunctiva of the eye images», *Eng. Rep.*, vol. 5, n.º 11, p. e12667, nov. 2023, doi: 10.1002/eng2.12667.
- [12] P. Appiahene *et al.*, «Application of ensemble models approach in anemia detection using images of the palpable palm», *Med. Nov. Technol. Devices*, vol. 20, p. 100269, dic. 2023, doi: 10.1016/j.medntd.2023.100269.
- [13] P. Appiahene, J. W. Asare, E. T. Donkoh, G. Dimauro, y R. Maglietta, «Detection of iron deficiency anemia by medical images: a comparative study of machine learning algorithms», *BioData Min.*, vol. 16, n.º 1, p. 2, ene. 2023, doi: 10.1186/s13040-023-00319-z.
- [14] E. K. Anku y H. O. Duah, «Predicting and identifying factors associated with undernutrition among children under five years in Ghana using machine learning algorithms», *PLOS ONE*, vol. 19, n.º 2, p. e0296625, feb. 2024, doi: 10.1371/journal.pone.0296625.
- [15] UNICEF, «Convención sobre los derechos del niño», [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/es/events/childrenday/pdf/derechos.pdf>
- [16] MedlinePlus, «Anemia». Accedido: 21 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000560.htm>
- [17] World Health Organization, «Anemia». Accedido: 21 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/health-topics/anaemia>
- [18] M. de los A. Sánchez Chinchilla, «Definiciones internacionales de Procedimiento - RELAC SIS», OPS. Accedido: 19 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www3.paho.org/relacsis/index.php/es/areas-de-trabajo/desigualdades/item/796-foro-becker-definiciones-internacionales-de-procedimiento/>
- [19] Instituto Nacional de Cancerología, «Procedimiento invasivo». Accedido: 21 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cancer.gov.co/conozca-sobre-cancer-1/informacion-sobre-cancer-para-profesionales/conceptos-generales/procedimiento-invasivo>
- [20] Á. Salinas Alamán, «Enfermedades de la conjuntiva: causas, síntomas y tratamiento», Clínica Universidad de Navarra. Accedido: 19 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/enfermedades-conjuntiva-conjunctivitis>

- [21] J. Vázquez Castro, «Exploración ocular en Atención Primaria», *SEMERGEN - Med. Fam.*, vol. 28, n.º 5, pp. 265-274, ene. 2002, doi: 10.1016/S1138-3593(02)74067-7.
- [22] IBM, «¿Qué es el deep learning? | IBM». Accedido: 16 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/topics/deep-learning>
- [23] S. Navarro, «Tipos de aprendizaje del Deep Learning [Guía completa 2024]». Accedido: 21 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://keepcoding.io/blog/tipos-aprendizaje-deep-learning/>
- [24] IBM, «¿Qué son las redes neuronales convolucionales? | IBM». Accedido: 4 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/convolutional-neural-networks>
- [25] UFV, «¿Qué es una aplicación multiplataforma? | CETYS UFV», Formación profesional UFV. Accedido: 16 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ufv.es/cetys/blog/que-es-una-aplicacion-multiplataforma/>
- [26] AWS, «Comparación entre aplicaciones web, aplicaciones nativas y aplicaciones híbridas - Comparación entre los diferentes tipos de aplicaciones - AWS». Accedido: 16 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/compare/the-difference-between-web-apps-native-apps-and-hybrid-apps/>
- [27] Universidad del Pacífico, «iOS – Edutic», iOS. Accedido: 16 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://edutic.up.edu.pe/catalogo-software/ios/>
- [28] Universidad del Pacífico, «Android – Edutic», Android. Accedido: 16 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://edutic.up.edu.pe/catalogo-software/android/>
- [29] ITDO, «Frameworks de desarrollo de aplicaciones móviles APPs que dominarán el 2024», Blog ITDO - Agencia de desarrollo Web, APPs y Marketing en Barcelona. Accedido: 21 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.itdo.com/blog/frameworks-de-desarrollo-de-aplicaciones-moviles-apps-que-dominaran-el-2024/>
- [30] K. Schwaber y J. Sutherland, «La Guía de Scrum». Accedido: 27 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-Latin-South-American.pdf>
- [31] IBM, «Guía de CRISP-DM de IBM», Accedido: 27 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.ibm.com/docs/es/SS3RA7_18.5.0/nl/es/pdf/ModelerCRISPDM.pdf
- [32] OECD, *Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*. OECD, 2018. doi: 10.1787/9789264310681-es.

- [33] C. A. Bernal, «Metodología de la investigación», Accedido: 27 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- [34] L. G. D. Newman, «El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales», *Rev. Educ.*, 2006, Accedido: 27 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>
- [35] M. Genero, J. Cruz, y M. Piattini, «Métodos de investigación en ingeniería del software». Accedido: 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.sancristoballibros.com/libro/metodos-de-investigacion-en-ingenieria-del-software_18454
- [36] MINSA, «Resolucion 251 - Norma Técnica de Salud». Accedido: 27 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6166763/5440166-resolucion-ministerial-n-251-2024-minsa.pdf?v=1712758346>

Anexos

Anexo N° 01. Carta de aceptación de la institución para la ejecución del proyecto



Anexo N° 02. Carta de aceptación del producto acreditable por parte de la institución



GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE
GERENCIA REGIONAL DE SALUD
RED SALUD CHICLAYO
"CENTRO DE SALUD PIMENTEL"
camip.pimentel100@gmail.com



CARTA N° 001-2025- G.R./GERENCIA C.S. PIMENTEL

SR. Juan David Chiscol Patazca

Estudiante de la Facultad de Ingeniería – Universidad Católica Santo Toribio de **Mogrovejo**

ASUNTO : Aceptación y Conformidad del producto acreditado titulado " Sistema del Monitoreo preventivo de Anemia mediante imágenes de la conjuntiva palpebral en niños menores de 5 años de Pimentel"

A través del presente documento me dirijo a Usted para expresarle mi mas cordial saludo y al mismo tiempo extender la carta de aceptación y conformidad de su producto acreditado.

Por tal motivo se pone en manifiesto que el C.S Pimentel ha revisado los requerimientos funcionales y no funcionales del aplicativo desarrollado por Ud. JUAN DAVID CHISCOL PATAZCA, identificado con DNI N° 75136511, Y POR CONSIGUIENTE damos conformidad a su proyecto TITULADO "SISTEMA DEL MONITOREO PREVENTIVO DE ANEMIA MEDIANTE IMÁGENES DE LA CONJUNTIVA PALPEBRAL EN LOS NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS DE PIMENTEL".

Atentamente quedo de Ud.

MINISTERIO DE SALUD
CENTRO DE SALUD PIMENTEL
Lic. Enf. Jacqueline Gonzales Guevara
GERENTE MICRORRED PIMENTEL
CEP. N° 35819

Anexo N° 03. Entrevista a personal de salud sobre la detección de anemia infantil en
Pimentel



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"



ANEXO N°2: ENTREVISTA A PERSONAL DE SALUD SOBRE LA DETECCIÓN DE ANEMIA INFANTIL EN PIMENTEL.

1. En el presente año, los casos de anemia infantil en el distrito de Pimentel:

- a) Aumentaron
b) Disminuyeron

2. ¿Cuáles son los factores que contribuyen al aumento de casos de anemia en niños menores de 5 años en el distrito de Pimentel?

- a. Falta de conocimiento y preocupación de los padres sobre la anemia.
 b. Zona geográfica o ruralidad
 c. Baja consumo de hierro y alimentos de origen animal
d. Acceso limitado a servicios de salud
e. Otros:

3. ¿Qué obstáculos presenta actualmente el programa de salud contra la anemia, para reducir los casos de anemia?

*Lejanía para que lleven a sus hijos a sus controles.
Desconocimiento de la prevención y consecuencias que trae la anemia por parte de los padres jóvenes.*

4. ¿Por qué es más difícil detectar y tratar la anemia en los niños que viven en zona rural?

Muchas veces los padres no se encuentran en casa y a los niños los deja al cuidado de los hermanos mayores, por dedicarse al trabajo en el campo.

5. Actualmente, ¿Qué medidas se está brindando a las familias que sus niños presentan anemia y que por motivos de lejanía y/o recursos económicos, no asisten al centro de salud?

Existen actores sociales encargados de llegar a los familias cuyos hijos presentan anemia, haciéndoles visitas domiciliarias.

6. ¿Qué tan informados están los padres sobre las consecuencias de la anemia y la importancia de su prevención en sus hijos?
- Muy informados
 - Algo informados
 - Poco informados
 - No informados
7. ¿Se proporciona alguna orientación a los padres para que puedan identificar si su hijo podría tener anemia? (Si la respuesta es "Sí", indicar cuáles son las orientaciones).

- Sí
- No

- Niños presentan mucho sueño y bajo rendimiento si se encuentran en etapa escolar.

8. ¿Existen métodos no invasivos que se utilicen en el Centro de Salud de Pimentel para detectar anemia? ¿Por qué?

No, porque actualmente no contamos con una tecnología adecuada.

9. ¿Qué opinión tiene sobre el uso de aplicaciones o tecnologías para mejorar la detección de la anemia en los niños menores de 5 años de manera no invasiva?

De gran importancia, ya que ayudaría mucho a los padres que desde sus hogares puedan detectar si su niño presenta anemia.

10. ¿Qué medidas se pueden tomar para mejorar la detección y tratamiento de la anemia en los niños del distrito de Pimentel?

Hacer campañas de despertar de anemia y si fuera posible en zonas alejadas.

Anexo N° 04. Medición de hemoglobina por grupo de edad durante la suplementación

Tabla N° 3
Productos farmacéuticos para la suplementación
preventiva y terapéutica de anemia por deficiencia de hierro

PRESENTACIÓN	PRODUCTO	CONTENIDO DE HIERRO ELEMENTAL	FORMA FARMACEUTICA
GOTAS	Sulfato Ferroso	1 gota = 1,25 mg Hierro elemental	Solución oral
	Complejo Polimaltosado Férrico	1 gota = 2,5 mg Hierro elemental	Solución oral
JARABE	Sulfato Ferroso	1 ml = 3 mg de Hierro elemental.	Solución oral
	Complejo Polimaltosado Férrico	1 ml = 10 mg de Hierro elemental.	Solución oral
TABLETAS	Sulfato ferroso	60 mg de Hierro elemental	Tabletas
	Complejo Polimaltosado Férrico	100 mg de Hierro elemental	Tabletas
	Tableta Sulfato Ferroso + Ácido Fólico	60 mg de hierro elemental + 400 ug. de Ácido Fólico	Tabletas
POLVO	Otras combinaciones de multivitaminas	Hierro (12,5 mg Hierro elemental)	Polvo Oral
		Zinc (5 mg)	
		Ácido fólico (160 ug)	
		Vitamina A (300 ug Retinol Equivalente)	
		Vitamina C (30 mg)	
AMPOLLA	Hierro Sacarato 100 mg/5ml	5ml= 100mg de hierro elemental	Solución inyectable

VI. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

6.1. INTERVENCIONES SANITARIAS EN LA ANEMIA POR DEFICIENCIA DE HIERRO

6.1.1. Acciones de prevención (Anexo N° 1)

A. Medición de hemoglobina

La medición de Hb se realiza a toda/o niña/o, a la adolescente, mujer en edad fértil, gestante y puérpera en el primer contacto con el establecimiento de salud, según Tabla N° 4, considerando los valores de concentración de Hb para iniciar la suplementación preventiva.

Tabla N° 4
Medición de hemoglobina por grupo de edad durante la suplementación.

Condición/Grupo de edad	Medición de hemoglobina
RN con bajo peso al nacer o prematuro	<u>2 mediciones</u> - A los 30 días de nacido - Al tercer mes de iniciada la suplementación
Niño/a a término y con buen peso al nacer	<u>1 medición</u> A partir de los 6 meses de edad
6 a 11 meses de edad	<u>2 mediciones:</u> - A los 6 meses de edad - Al tercer mes de iniciada la suplementación (control)
12 a 23 meses de edad	<u>3 mediciones:</u> - Antes de iniciar la suplementación - Al tercer mes de iniciada la suplementación (control) - Al término de la suplementación (control)
24 a 35 meses de edad	<u>2 mediciones al año:</u> - Antes de iniciar la suplementación - Al término de la suplementación (control)
36-59 meses de edad	<u>1 medición al año</u>
5 a 11 años de edad	<u>1 medición al año</u>
Adolescentes mujeres 12-17 años, 11 meses y 29 días	<u>2 mediciones al año:</u> - Antes de iniciar la suplementación - Al término de la suplementación (control)
Gestante	<u>3 mediciones:</u> - En el 1er control prenatal - En la semana 25 al 28 de gestación - En la semana 37 a 40 de gestación antes del parto
Puérpera	A los 30 días post parto.
Mujer en edad fértil	1 medición al año



Anexo N° 05. Registro del seguimiento de los niños

The image shows a handwritten record book with multiple columns. The columns are labeled with various letters and numbers, including 'Nombres', 'Fecha', 'Categoría', and 'Seguimiento'. The entries are organized in rows, with some rows highlighted in yellow. The handwriting is in black ink on a grid-lined paper. The data includes names of children, their birth dates, and various tracking codes or numbers. The right side of the page contains a large section with more detailed tracking information, including letters like 'M', 'P', 'B', 'A', 'H', 'S', 'J', 'A' and numbers, possibly representing different stages or categories of the children's development or health status.

Anexo N° 06. Modelo de la encuesta para evaluación del modelo TAM



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

ANEXO N°5: CUESTIONARIO PARA EVALUAR LA ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA DE LA APP “SACN”.



N°	Categoría	Ítem	1 (TD)	2 (D)	3 (N)	4 (A)	5 (TA)
1	Facilidad de Uso	La aplicación es fácil de aprender a usar.					
2		La interfaz del sistema es clara y comprensible.					
3		Me siento cómodo/a usando la aplicación sin necesidad de ayuda.					
4		Navegar entre las funciones de la app es sencillo.					
5		El diseño visual facilita su uso.					
6	Utilidad Percibida	Usar esta aplicación mejora mi capacidad de cuidar la salud de mi hijo(a).					
7		El sistema me permite identificar posibles signos de anemia de forma anticipada.					
8		Gracias a esta app, puedo realizar un seguimiento de los controles médicos sin necesidad de acudir al centro de salud.					
9		Las recomendaciones y resultados son útiles para tomar decisiones sobre la salud de mi hijo(a).					
10		Considero que esta aplicación es una herramienta útil en la prevención de la anemia infantil.					
11	Satisfacción General	Estoy satisfecho/a con el uso general del sistema.					
12		Me gustaría seguir usando esta aplicación en el futuro.					
13		Recomendaría esta herramienta a otros padres.					
15		La app cubre mis expectativas en cuanto a control de salud infantil.					

Firma del padre de familia