

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



Sistema inteligente basado en una red neuronal para predecir dietas alimenticias que ayuden a prevenir la obesidad en pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo - 2023

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

AUTOR

Jose Nicolaz Prado Bobadilla

ASESOR

Edwar Glorimer Lujan Segura

<https://orcid.org/0000-0003-0663-4189>

Chiclayo, 2025

**Sistema inteligente basado en una red neuronal para predecir dietas
alimenticias que ayuden a prevenir la obesidad en pacientes del
Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo - 2023**

PRESENTADA POR
Jose Nicolaz Prado Bobadilla

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

Juan Antonio Torres Benavides
PRESIDENTE

Consuelo Ivonne Del Castillo Castro
SECRETARIO

Edwar Glorimer Lujan Segura
VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía constante en este camino académico.
A mi familia, cuyo amor incondicional y apoyo han sido mi motivación.
A mis amigos, por sus risas y apoyo en cada paso de esta travesía.

Agradecimientos

A mi asesor de tesis Mgtr. Edwar Glorimer Lujan Segura por su orientación y sabiduría que
iluminaron mi camino académico.
A la nutricionista Eddy Pamela Coronel Segura por su conocimiento y guía enriquecedora en mi
investigación.

Sistema inteligente basado en una red neuronal para predecir dietas alimenticias que ayuden a prevenir la obesidad en pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo - 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

3%

2

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

3

www.researchgate.net

Fuente de Internet

1%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

5

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Trabajo del estudiante

<1%

7

pesquisa.bvsalud.org

Fuente de Internet

<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura	9
Antecedentes	9
Bases teóricas	11
Materiales y métodos	12
Resultados y discusión	16
En base a la metodología CRISP-DM	16
En base a la metodología SCRUM.....	18
En base a los objetivos de la investigación	22
Discusión	24
Conclusiones	26
Recomendaciones	27
Referencias.....	27
Anexos	32

Resumen

La obesidad es una creciente preocupación de salud global que afecta a personas de todas las edades y está fuertemente vinculada a enfermedades crónicas. En Perú, la obesidad es un problema generalizado [1], este estudio se centra en el desarrollo de un sistema inteligente basado en una red neuronal. Este sistema está diseñado para predecir dietas alimenticias saludables y prevenir la obesidad en los pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo.

Nuestra investigación utilizó datos como peso, edad, sexo, altura y nivel de actividad física para calcular las necesidades calóricas diarias de los pacientes. A través de una aplicación móvil, se proporcionan recomendaciones de desayuno, almuerzo y cena, manteniendo un déficit calórico para facilitar la pérdida de peso gradual.

El modelo de red neuronal se sometió a una evaluación exhaustiva utilizando métricas como MAE, MSE y R^2 , y los resultados demostraron una alta precisión en la predicción de necesidades calóricas. Además, el software fue evaluado según la adecuación funcional y la usabilidad del sistema según los estándares ISO 25010, y se obtuvo un alto nivel de satisfacción por parte de los usuarios.

Esta investigación se llevó a cabo aplicando las metodologías SCRUM y CRISP-DM, las cuales se adaptaron de manera efectiva a los objetivos. En conjunto, este trabajo ofrece un impacto positivo en la salud y el bienestar de la población peruana y sienta las bases para futuras investigaciones en esta área.

Palabras clave: Obesidad, Red neuronal, Dieta, Predicción, Sistema inteligente.

Abstract

Obesity is a growing global health concern that affects people of all ages and is strongly linked to chronic diseases. In Peru, obesity is a widespread problema [1], this study focuses on the development of an intelligent system based on a neural network. This system is designed to predict healthy food diets and prevent obesity in patients at the Almanzor Aguinaga Asenjo National Hospital.

Our research used data such as weight, age, sex, height and physical activity level to calculate the daily caloric needs of patients. Through a mobile application, breakfast, lunch and dinner recommendations are provided, maintaining a caloric deficit to facilitate gradual weight loss.

The neural network model underwent extensive evaluation using metrics such as MAE, MSE and R^2 , and the results demonstrated high accuracy in predicting caloric needs. In addition, the software was evaluated for functional adequacy and usability of the system according to ISO 25010 standards, and a high level of user satisfaction was obtained.

This research was conducted by applying SCRUM and CRISP-DM methodologies, which were effectively adapted to the objectives. Overall, this work offers a positive impact on the health and well-being of the Peruvian population and lays the groundwork for future research in this area.

Keywords: Obesity, Neural network, Diet, Prediction, Intelligent system.

Introducción

En respuesta a la creciente preocupación por la obesidad y los hábitos alimenticios no saludables, la investigación llevada a cabo se ha centrado en la creación de un aplicativo móvil usando un modelo de red neuronal capaz de predecir dietas alimenticias saludables y equilibradas basadas en el déficit calórico nutricional. Este proyecto ha abordado una problemática de salud pública de gran relevancia, dada la relación directa entre la obesidad y diversas enfermedades crónicas [1]. Esta investigación tiene justificación económica, ya que tiene como objetivo proporcionar apoyo a individuos que padecen obesidad, pero carecen de los medios financieros para acceder a la asesoría de un profesional en nutrición. Esto se logró mediante el uso de una aplicación móvil diseñada específicamente para promover hábitos alimenticios saludables. También se justifica científicamente porque esta investigación se realizó usando el método científico y se espera generar un antecedente para alguna investigación futura. Asimismo, encontramos una justificación social en este estudio, ya que contribuye a la sociedad al fomentar la mejora de los comportamientos alimentarios de la población, promoviendo así la salud y previniendo enfermedades. Finalmente se justificó tecnológicamente porque presenta una innovación tecnológica al implementar redes neuronales en un aplicativo móvil que proponga correctos hábitos alimenticios. Ante la problemática presentada se definió como objetivo general implementar un modelo de red neuronal capaz de predecir dietas alimenticias saludables y equilibradas basada en el déficit calórico nutricional y como objetivos específicos analizar la precisión del modelado de redes neuronales usando las métricas MAE, MSE y R2, alcanzar un grado superior a la media en el nivel de adecuación funcional basado en el ISO 25010 y alcanzar un grado superior a la media en la usabilidad del modelo basado en el ISO 25010.

La obesidad, en su alarmante crecimiento, se ha convertido en un desafío global que afecta a personas de todas las edades y grupos socioeconómicos [2]. Para comprender mejor esta problemática, se han llevado a cabo investigaciones significativas. Por ejemplo, el estudio de Joe Llerena Izquierdo et al [3]. se centra en el control nutricional de mujeres embarazadas en riesgo de anemia ferropénica, proponiendo planes alimenticios basados en su estado de salud. Aunque se enfoca en un grupo específico, este estudio demuestra la capacidad de una aplicación móvil para realizar un seguimiento y promover una alimentación saludable. Otro ejemplo importante es el trabajo de Quispe Bellido et al [4], que presenta un aplicativo móvil centrado en la composición corporal en personas con sobrepeso y obesidad, mostrando resultados beneficiosos en la reducción del Índice de Masa Corporal (IMC) y basándose en aplicativos móviles. Además, Alfaro et al [5]. se enfoca en informar al público sobre opciones nutricionales

saludables a través de una aplicación móvil, proporcionando información valiosa sobre alimentos saludables. Por último, el estudio de Quispe Palacios et al [6]. propone un aplicativo móvil que utiliza decisiones multicriterio para generar planes dietéticos personalizados, dirigido tanto a pacientes como a nutricionistas, lo que es relevante al involucrar la creación de planes dietéticos adaptados a las necesidades individuales.

Como resultado de la investigación llevada a cabo, se ha logrado implementar con éxito un modelo de red neuronal altamente preciso, capaz de predecir dietas alimenticias saludables y equilibradas, basadas en las necesidades calóricas individuales y el déficit calórico nutricional. Las métricas de evaluación, como el Mean Absolute Error (MAE), el Mean Squared Error (MSE) y el coeficiente de determinación (R^2), han demostrado que el modelo tiene un margen de error inferior al 4%, lo que respalda su eficacia en la predicción de necesidades calóricas. Además, la aplicación móvil diseñada en base a este modelo ha alcanzado niveles superiores a la media en términos de adecuación funcional y usabilidad, según los estándares del ISO 25010. Los usuarios han expresado un alto grado de satisfacción, destacando la variedad de opciones alimenticias, la precisión de los valores nutricionales y la facilidad de uso. En general, los resultados esperados subrayan la eficacia y la capacidad de esta solución tecnológica para promover hábitos alimenticios saludables y abordar la problemática de la obesidad de manera efectiva.

Revisión de literatura

Antecedentes

Sylvester M. Sefa-Yeboah et al [7]. Utilizaron una aplicación basada en inteligencia artificial y algoritmos genéticos para abordar la obesidad, generando recomendaciones de comidas basadas en las preferencias y necesidades del usuario. Tras probarla con éxito en 30 estudiantes, esta investigación respalda la creación de una aplicación móvil para prevenir la obesidad mediante herramientas tecnológicas, relacionándose con el proyecto de tesis.

El estudio de Joe Llerena Izquierdo et al [3]. se centra en una aplicación móvil para mejorar la nutrición de mujeres embarazadas con riesgo de anemia ferropénica. La app ofrece planes nutricionales basados en alimentos ricos en hierro y proporciona seguimiento personalizado según el estado de gestación. Esto respalda la eficacia de las aplicaciones móviles para promover hábitos alimenticios saludables y se relaciona con el proyecto de tesis.

La investigación de Suárez Cáceres et al [8]. se centra en la creación de una plataforma web que permite dar seguimiento a la salud de los usuarios. Esta plataforma ofrece un espacio para que profesionales de la salud brinden sus servicios en áreas clave como nutrición, entrenamiento, psicología y fisioterapia. Esta investigación se relaciona con el proyecto de tesis,

ya que ambas comparten el enfoque en el uso de tecnología para brindar seguimiento a los usuarios y mejorar su salud. Además, este trabajo se destaca por abordar múltiples aspectos de la salud, y destaca cómo las nuevas tecnologías pueden ser empleadas para monitorear y mejorar la salud, incluida la nutrición.

La investigación de Quispe Bellido et al [4]. se enfoca en un aplicativo móvil para personas con sobrepeso y obesidad. Con una muestra de 35 adultos, logró reducir el IMC a la normalidad en un 5%, disminuyendo el sobrepeso en un 0.8%, la obesidad en un 12%, y la obesidad de grado II en un 6%. Este trabajo respalda el uso de aplicativos móviles para el control de la alimentación en individuos con exceso de peso y obesidad, además de promover medidas preventivas contra estos problemas en Perú.

El estudio de Alfaro et al [5]. se enfoca en el desarrollo de una idea de negocio para combatir el sobrepeso en la población. Su propuesta se basa en el aplicativo móvil "Nutritracker", que brinda información nutricional de los alimentos escaneados, incluyendo calorías y estadísticas. Además, aborda las causas del sobrepeso, como la desinformación nutricional y la mala elección de alimentos. Este enfoque será considerado en la sugerencia de alimentos al usuario final, proporcionando información precisa y promoviendo elecciones saludables.

Quispe Palacios et al [6]. desarrollaron la aplicación móvil "Full Feed" con enfoque en la obesidad y el sobrepeso, utilizando decisiones multicriterio para crear planes dietéticos personalizados. Este aplicativo se dirige tanto a pacientes como a nutricionistas y permite la adaptación de planes por parte de los profesionales. La metodología SCRUM se emplea para su desarrollo, lo que demuestra la eficiencia de las soluciones tecnológicas en la gestión de la obesidad y proporciona una herramienta adicional para la propuesta de planes dietéticos.

Guevara et al [9]. proponen un aplicativo móvil para recomendar planes alimenticios personalizados y mejorar los hábitos alimenticios de las personas. Utilizan la metodología Buchanan y su sistema experto incorpora un módulo difuso y un módulo de algoritmos heurísticos. Esta investigación es relevante para el proyecto de investigación ya que comparte la preocupación por los malos hábitos alimenticios, aunque se centra en satisfacer las necesidades calóricas a través de una alimentación saludable sin necesidad de perder o ganar peso. Además, demuestra un enfoque local en Lambayeque con respecto a esta problemática.

La investigación de Santa Cruz et al [10] enfoca en la alta prevalencia de malos hábitos alimenticios y la falta de actividad física en 33 estudiantes de una universidad en Chiclayo. Para abordar esto, propone un programa educativo con talleres y actividades para mejorar los hábitos alimenticios y la actividad física. Los resultados indican que el 67% tiene malos hábitos, el 88% come comidas rápidas y el 54.5% no consume suficientes frutas. Esta investigación es relevante

para combatir la obesidad y resalta la importancia de soluciones accesibles en el contexto actual de salud y bienestar.

La investigación de Acuña et al [11] se centra en la obesidad entre los trabajadores adultos de la Municipalidad Distrital de Pátapo, Lambayeque, en 2020. Se utiliza un enfoque cuantitativo y correlacional, con 84 adultos y cuestionarios validados. Los resultados indican que el factor ambiental tiene un 50% de influencia en la obesidad, mientras que solo el 13% tenía una alimentación adecuada y el 18% realizaba suficiente actividad física. Esta investigación aborda la creciente obesidad en la población adulta y busca identificar estrategias para mejorar la salud de los trabajadores de Pátapo.

Bases teóricas

Los hábitos alimenticios se desarrollan desde el nacimiento y están influenciados por factores culturales, socioeconómicos y geográficos [12]. La relación entre malos hábitos alimenticios, falta de ejercicio y obesidad es crucial. Estos malos hábitos, como el consumo excesivo de alimentos procesados y la falta de actividad física, contribuyen al aumento de peso y la obesidad. Esta comprensión identifica factores de riesgo y destaca la importancia de adoptar hábitos alimenticios saludables y un estilo de vida activo para prevenir y tratar la obesidad en adultos.

La obesidad es una enfermedad compleja caracterizada por el exceso de grasa corporal, que aumenta el riesgo de problemas de salud [13]. Este proyecto se enfoca en prevenir la obesidad mediante hábitos alimenticios saludables. Comprender la relación entre la alimentación y la obesidad permite desarrollar estrategias efectivas para promover una dieta equilibrada y comportamientos saludables, abordando así un importante desafío de salud pública.

El aplicativo móvil es fundamental en esta tesis, ya que sirven como herramienta principal para mostrar a los usuarios opciones alimenticias y controlar su consumo calórico. Estas aplicaciones son versátiles y accesibles, lo que las convierte en una plataforma efectiva para promover hábitos alimenticios saludables al proporcionar información dietética en tiempo real, seguimiento de calorías e recomendaciones personalizadas [14] [15].

La Inteligencia Artificial (IA) es clave en la creación de un aplicativo móvil con redes neuronales para analizar datos de dieta y déficit calórico. La IA, al examinar grandes volúmenes de datos con precisión y sin errores, desempeña un papel esencial en la generación de recomendaciones dietéticas personalizadas que se alinean con el objetivo de promover hábitos alimenticios basados en el déficit calórico. [16]

Las redes neuronales, inspiradas en el aprendizaje humano y parte fundamental de la Inteligencia Artificial, son esenciales en este proyecto. Su capacidad para modelar con precisión las necesidades calóricas personalizadas, considerando diversos factores, las hace vitales. Estas redes se adaptan y aprenden con el tiempo, garantizando recomendaciones de consumo calórico cada vez más precisas, contribuyendo a la efectividad del aplicativo móvil para ayudar a las personas a lograr sus objetivos de peso a través del déficit calórico, mejorando así su salud y bienestar. [17]

La metodología SCRUM, ampliamente utilizada en el desarrollo de aplicativos móviles y páginas web, se destaca por su enfoque ágil y colaborativo. Se basa en ciclos de desarrollo iterativos llamados "sprints", que permiten crear incrementos funcionales del producto. Esto es especialmente valioso para el proyecto de tesis, ya que simplifica el proceso de desarrollo de una interfaz de aplicativo móvil y una página web administrativa. [18]

La Metodología CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) es esencial para el desarrollo de la red neuronal que calcula las calorías necesarias para la pérdida de peso a través de un déficit calórico. Proporciona un marco estructurado para implementar proyectos de minería de datos y aprendizaje automático, lo que es crucial para mi tesis. [19]

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación

Según el manual de Frascatti [20] se está desarrollando una investigación de tipo aplicada, porque se espera que sea desarrollado en el sector de nutrición [21] para reducir el problema de personas con obesidad a través del déficit nutricional calórico, con la ayuda del aplicativo móvil.

Métodos de investigación

Este estudio sobre la obesidad en adultos se basa en un enfoque analítico para descomponer la obesidad en sus componentes y analizar datos relevantes, un enfoque deductivo que parte de teorías preexistentes, y un enfoque de implementación que se centra en la creación de un aplicativo móvil con una red neuronal para promover hábitos alimenticios que reduzcan el exceso calórico. El objetivo principal es traducir el conocimiento científico en una herramienta práctica para abordar la obesidad en adultos [22] [23].

Matriz de consistencia

<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>		<u>MÉTODOLÓGÍA DE INVESTIGACIÓN</u>	
¿Cómo pueden las personas lograr un control efectivo de su peso sin necesidad de alterar sus rutinas diarias?		<u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u>	
		Aplicada	
<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>MÉTODO</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	
Construir un sistema inteligente basado en una red neuronal para predecir dietas alimenticias que ayuden a prevenir la obesidad.	Analítico [22]	Utiliza el método analítico para abordar la problemática de la obesidad en personas adultas, ya que este enfoque permite descomponer este complejo problema en sus componentes esenciales, recopilar y analizar datos relevantes sobre factores de riesgo y consecuencias. Este método es fundamental para comprender a fondo las causas de la obesidad, identificar áreas clave de intervención, contribuyendo así a la comprensión y abordaje efectivo de este importante problema de salud pública.	
	Deductivo [22]	Se adopta un enfoque deductivo debido a que se basa en la investigación previa y en una teoría preexistente relacionada con la obesidad en personas adultas. La premisa inicial de esta investigación es que la obesidad en adultos está fuertemente influenciada por factores dietéticos específicos. Al utilizar un enfoque deductivo, parto de esta premisa general y, a lo largo de mi investigación, busco recopilar y analizar datos que respalden esta afirmación. A medida que analizo la evidencia y aplico el razonamiento deductivo, mi objetivo es llegar a conclusiones específicas que confirmen esta teoría.	
	Implementación [23]	Se basa en un enfoque de implementación, ya que tiene como objetivo principal llevar a la práctica una solución concreta para abordar la problemática de la obesidad en personas adultas. En este sentido, propongo la creación y puesta en funcionamiento de un aplicativo móvil con una red neuronal diseñado específicamente para asistir a los usuarios en la adopción de hábitos alimenticios que promuevan el déficit calórico. A través de la implementación de esta tecnología, se busca traducir la teoría y el conocimiento científico en una herramienta práctica que las personas pueden utilizar en su vida diaria.	
<u>TÉCNICAS</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>	<u>ELEMENTOS DE LA POBLACIÓN</u>	<u>PROPÓSITO</u>
Entrevista	Cuestionario	Nutricionista	Recopilar información sobre problemática.
Encuesta	Formularios	Usuarios del aplicativo.	Recopilar información del usuario que use el aplicativo.
Análisis documental	Ficha de recolección de datos	Notas descriptivas de la OMS acerca de la obesidad y sobrepeso [24].	Conocer los criterios que se consideran para que una persona sea obesa.

		Manual de Nutrición y Dietética [25]	Conocer la información de las proteínas, energía, grasas, lípidos entre otros de los alimentos.
		Manual básico de nutrición clínica y dietética [26]	Conocer las dietas recomendadas para algunas enfermedades.
		Alimentación y nutrición de la población, en el curso de vida [27]	Conocer la alimentación y nutrición de una persona adulta.
		Atención y recomendaciones de alimentación y Nutrición en COVID-19 [28]	Conocer la alimentación ante el COVID19

<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>INDICADORES</u>
<ul style="list-style-type: none"> • OE1: Obtener un dataset de calidad de datos antropométricos. • OE2: Diseñar e implementar un modelo con una red neuronal capaz de predecir dietas alimenticias saludables y equilibradas basada en el déficit calórico nutricional. • OE3: Analizar la precisión del modelado de la red neuronal usando las métricas MAE, MSE y R2. • OE4: Evaluar la adecuación funcional y la usabilidad del modelo implementado con base en los atributos definidos por la norma ISO/IEC 25010. 	<ul style="list-style-type: none"> • OE1: Se obtuvo como logro la construcción de un dataset de datos antropométricos que cumple con las métricas de calidad establecidas. Para su validación, se aplicaron criterios de confiabilidad, completitud y unicidad. La calidad del dataset fue verificada a partir del análisis de los 77,625 datos recopilados. • OE2: Se implementó un modelo de red neuronal integrado en una aplicación móvil, logrando una reducción de peso promedio de 5.65 kg en 18 usuarios durante dos meses, lo que evidencia su efectividad para generar dietas personalizadas basadas en déficit calórico. • OE3: Se obtuvo como logro un modelo de red neuronal validado bajo las métricas de MAE, MSE y R2. • OE4: Se obtuvo como logro un grado superior a la media en la adecuación funcional y en la usabilidad del modelo a través del test de usabilidad del ISO 25010. 	<ul style="list-style-type: none"> • OE1: <ul style="list-style-type: none"> ○ Unicidad ○ Confiabilidad ○ Completitud • OE2: <ul style="list-style-type: none"> ○ Resultados de pre-test y post-test • OE3: <ul style="list-style-type: none"> ○ Cálculo matemático de MAE ○ Cálculo matemático de MSE ○ Cálculo matemático de R2 • OE4: <ul style="list-style-type: none"> ○ Adecuación ○ Aprendizaje ○ Operabilidad ○ Protección contra errores de usuario ○ Estética ○ Accesibilidad ○ Porcentaje de grado de completitud funcional ○ Porcentaje de grado de corrección funcional ○ Porcentaje de grado de pertinencia funcional

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizarán entrevistas y encuestas con nutricionistas y usuarios del aplicativo, junto con análisis de documentos de la OMS y manuales de nutrición. Estos métodos permitirán recopilar datos fundamentales sobre la problemática de la obesidad, los criterios de definición, y las recomendaciones nutricionales en diferentes contextos, incluyendo la situación de la COVID-19. Estas técnicas e instrumentos se emplearán para obtener información esencial y respaldar el desarrollo del aplicativo móvil y la toma de decisiones relacionadas con la alimentación y nutrición en adultos [24], [25], [26], [27] y [28].

Diseño de la investigación

Este estudio siguió el diseño de investigación de Hernández [29] e incluyó 18 participantes. Se realizaron pruebas pre-test y post-test utilizando una aplicación móvil diseñada para el seguimiento de dietas basadas en el déficit calórico. El pre-test (O1) recopiló datos iniciales, como sexo, edad, peso, talla y nivel de actividad física, mientras que la implementación del sistema inteligente (X) se llevó a cabo para prevenir la obesidad. Posteriormente, se realizó un post-test (O2) que evaluó el impacto de esta intervención en los participantes.

Operacionalización de variables

En el estudio, la variable dependiente es la "Pérdida de peso", que se refiere al efecto de los hábitos alimenticios recomendados en la pérdida de peso de los usuarios, medido en términos de kilogramos perdidos o el porcentaje de cambio en el peso corporal de los usuarios. La variable independiente es el "Sistema inteligente", que es la tecnología o enfoque utilizado para predecir las dietas alimenticias a través del déficit calórico. El sistema inteligente, basado en una red neuronal, es la variable que se manipula en el proyecto para alcanzar los objetivos establecidos.

Población y muestra

La población objetivo de este estudio comprende a los pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo con una muestra de 18 pacientes.

Procedimientos

En este proyecto de investigación, se emplea la metodología CRISP-DM [19], reconocida por su independencia en la industria y su utilidad en la planificación y análisis técnico. Sus seis fases abarcan desde la comprensión de los objetivos del negocio y la identificación del problema de Machine Learning, hasta la implementación del modelo, su evaluación y el despliegue. Además, se complementa con la metodología ágil SCRUM [18], que se centra en la flexibilidad y colaboración, estructurada en cinco fases que van desde la definición de

objetivos y la creación del equipo hasta la revisión y lanzamiento del trabajo. El producto acreditable de esta investigación se destaca por el desarrollo de interfaces amigables en TypeScript, una arquitectura eficiente para garantizar el rendimiento de la aplicación móvil y una infraestructura tecnológica detallada. Se enfatiza la protección de la privacidad de los pacientes, asegurando que los datos se utilicen exclusivamente con fines educativos y no se compartan con terceros.

Aspectos éticos

Se han tomado consideraciones éticas fundamentales para proteger el bienestar y la privacidad de los participantes en la investigación, así como para garantizar la seguridad y confidencialidad de sus datos personales durante el estudio. Esto incluye la obtención del consentimiento informado de los participantes que utilizaron el aplicativo móvil, asegurando la privacidad de los usuarios y protegiendo los datos almacenados con medidas de seguridad electrónica y cifrado. Los términos y condiciones del aplicativo móvil enfatizan la protección de la privacidad de los usuarios y se proporcionó transparencia en el uso de los datos recopilados, explicando claramente el propósito de la investigación. Estas medidas éticas son esenciales para el éxito y la integridad del estudio.

Resultados y discusión

En base a la metodología CRISP-DM

Fase #1: Comprensión del negocio

Se establecen objetivos clave que incluyen el aumento de la base de usuarios de la aplicación móvil, atrayendo a personas interesadas en lograr una pérdida de peso saludable y sostenible, además de fomentar la adherencia a los planes de dieta propuestos. La evaluación de la situación se basa en el uso de una red neuronal para predecir dietas destinadas a la pérdida de peso, centrándose en el concepto de déficit calórico nutricional y la prevención de la obesidad. Para lograr estos objetivos, se planea la creación de una red neuronal que analice a los usuarios y les proporcione la cantidad de calorías necesarias para su dieta. El proyecto tiene una duración estimada desde agosto de 2022 hasta julio de 2023.

Fase #2: Comprensión de los datos

En la fase de recolección de datos iniciales, se adquirió información sobre pacientes, incluyendo detalles como edad, sexo, peso, altura y actividad física, provenientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo en formato Excel. Este conjunto de datos consta de 142,999 registros recopilados entre 2019 y 2022, y se compone de valores numéricos, como edades, alturas, pesos y niveles de actividad

física, así como valores alfabéticos, especialmente el género (F para femenino y M para masculino). Sin embargo, se observaron datos nulos en todas las columnas de los conjuntos de datos, lo que subraya la necesidad de abordar la calidad de los datos antes de utilizarlos en la creación de la red neuronal.

Fase #3: Preparación de los datos

En la fase de preparación de datos, se seleccionaron cuidadosamente los elementos esenciales para el entrenamiento de la red neuronal, incluyendo información como altura, peso, género, edad y actividad física, todos presentados en un formato numérico según lo detallado en la Tabla V. La limpieza de datos involucró la transformación de los valores de género de "Femenino" a 0 y "Masculino" a 1, así como la eliminación de datos nulos en todas las columnas mediante el uso de herramientas de Excel. La estructuración de datos dio lugar a la creación del dato de calorías, vital para el entrenamiento de la red neuronal al combinar información de peso, altura, edad, género y actividad física. Con los datos preparados e integrados, se garantiza que estén listos para ser utilizados en el entrenamiento del modelo, habiendo optado por el uso exclusivo de variables cuantitativas para mejorar la precisión en las predicciones de la red neuronal. Este proceso de preparación de datos es fundamental para asegurar la calidad y eficacia del proyecto en su conjunto.

Fase #4: Modelamiento

En la fase de selección de la técnica de modelado, se evaluaron diversas técnicas utilizando el software WEKA, y se concluyó que las redes neuronales ofrecían el mejor rendimiento, alcanzando una tasa del 91% de instancias correctamente clasificadas. Luego, se generó un plan de prueba que empleó métricas clave como el Error Medio Absoluto, el Error Cuadrático Medio y el Coeficiente de Determinación para evaluar la precisión y fiabilidad del modelo. La construcción del modelo de red neuronal se realizó utilizando bibliotecas específicas y se entrenó con un conjunto de datos preparados a lo largo del proyecto. Finalmente, la evaluación del modelo arrojó resultados altamente favorables, con una capacidad de explicar el 99.9% de la variabilidad en los datos, respaldando así la efectividad del modelo en la predicción de calorías necesarias para los pacientes.

Fase #5: Evaluación

La evaluación de los resultados se enfoca en la alineación entre los objetivos del negocio y los del aprendizaje autónomo. Los resultados actuales de la red neuronal son altamente prometedores, cumpliendo su propósito de proporcionar

recomendaciones de calorías con márgenes de error aceptables para la pérdida de peso. En resumen, los resultados destacan la efectividad de la red neuronal en función de las métricas utilizadas, y se concluye que se ha alcanzado satisfactoriamente el objetivo establecido. La evaluación no identifica necesidades inmediatas de nuevas fases o acciones adicionales, respaldando la conclusión de que se ha logrado la meta propuesta de manera exitosa.

Fase #6: Despliegue

La evaluación de los resultados se enfoca en la alineación entre los objetivos del negocio y los del aprendizaje autónomo. Los resultados actuales de la red neuronal son altamente prometedores, cumpliendo su propósito de proporcionar recomendaciones de calorías con márgenes de error aceptables para la pérdida de peso. En resumen, los resultados destacan la efectividad de la red neuronal en función de las métricas utilizadas, y se concluye que se ha alcanzado satisfactoriamente el objetivo establecido. La evaluación no identifica necesidades inmediatas de nuevas fases o acciones adicionales, respaldando la conclusión de que se ha logrado la meta propuesta de manera exitosa.

En base a la metodología SCRUM

Fase #1: Inicio

El proyecto se dividió en dos sprints de duraciones específicas, con informes semanales para supervisar el progreso. Se centró en la creación de una aplicación móvil que utiliza redes neuronales para predecir dietas y prevenir la obesidad en pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, además de mostrar su evolución a lo largo del tiempo. Se definieron roles clave, incluyendo el Product Owner, Scrum Master, equipo de desarrollo y stakeholders del hospital, nutricionistas y usuarios finales. La infraestructura tecnológica abarcó una plataforma Android, Visual Studio Code para desarrollo, TypeScript, HTML, CSS, JavaScript, Pythonanywhere para servicios en la nube, Flask para servicios web y PostgreSQL para la base de datos. La arquitectura se enfocó en la conexión a Internet, el acceso al aplicativo móvil y la web administrativa, a través de una web service en Python conectada a la base de datos. Se crearon actividades generales para ambas partes del proyecto, incluyendo la gestión de usuarios, planificación de dietas, reportes y configuración de usuarios y pacientes, facilitando la planificación y control del proyecto. Además, se establecieron requerimientos funcionales y no funcionales para ambas partes del proyecto, priorizándolos en función de su importancia y

complejidad. Estos requisitos abordaron desde el registro de usuarios, inicio de sesión y validación de credenciales hasta la gestión de pacientes, alimentos y reportes. Los requerimientos no funcionales se centraron en el rendimiento, seguridad, usabilidad y disponibilidad, garantizando que la aplicación sea eficiente, segura y accesible tanto para usuarios como para administradores.

Fase #2: Planificación y estimación

En la etapa de definición de historias de usuario, se identificaron y describieron una serie de historias que abordaron tanto las funcionalidades del aplicativo móvil como del servidor web. Las historias del aplicativo móvil incluyeron aspectos como el inicio de sesión, registro de usuarios, solicitud de datos iniciales, propuesta de dieta, reportes de peso y la consulta de alimentos disponibles. Estas historias se priorizaron según su importancia y se asignaron a un sprint determinado. En el servidor web, las historias se centraron en el acceso administrativo, el listado de usuarios, pacientes y alimentos, así como en la gestión de reportes y la capacidad de cargar datos a través de un archivo Excel. Todas las historias se asociaron con responsables y se establecieron criterios de aceptación y validación para garantizar su correcta implementación. Además, se estimaron las tareas asociadas a cada historia, lo que proporcionó una idea de la cantidad de trabajo requerido. Las tareas abarcaron la creación de interfaces, desarrollo de funcionalidades específicas y garantizar la interacción eficiente con la base de datos. Estas estimaciones de tareas permitieron planificar y asignar recursos de manera efectiva en el proyecto, lo que contribuyó a su ejecución exitosa.

Fase #3: Implementación

Se tuvo reuniones diarias de seguimiento, conocidas como "Daily Stand-up," en mi equipo de desarrollo. Estas reuniones eran breves, generalmente de 15 minutos, y tenían como objetivo principal informar sobre el progreso, los obstáculos y las tareas del día. Esto fomentó la comunicación y la colaboración en el equipo. El aplicativo móvil ha sido diseñado con interfaces clave que abarcan desde el inicio de sesión, donde los usuarios ingresan sus credenciales y tienen la opción de mostrar u ocultar la contraseña, hasta la solicitud de datos iniciales, donde se recopilan detalles personales para calcular las necesidades diarias de calorías. La interfaz de "Proponer Dieta" muestra la cantidad de calorías necesarias y genera dietas para desayuno, almuerzo y cena. La posibilidad de consultar un listado de alimentos y acceder a información detallada sobre cada uno es proporcionada en otra interfaz. Finalmente,

los usuarios pueden realizar un seguimiento de su progreso de peso a lo largo del tiempo gracias a la interfaz de "Reportes de Peso". Cada interfaz cumple un papel fundamental en la experiencia del usuario, permitiéndoles gestionar su salud y alimentación de manera efectiva. El servidor web proporciona una variedad de interfaces administrativas clave, comenzando con el "Ingreso de Sesión Administrativa", que permite a los administradores autenticarse y acceder al panel de administración. A continuación, el "Listado de Usuarios" muestra todos los usuarios registrados con la opción de eliminarlos. La interfaz "Listado de Pacientes" exhibe detalles detallados de los pacientes, como nombre, edad, correo electrónico, género, peso y talla, y permite eliminar pacientes. La gestión de alimentos registrados se lleva a cabo en la interfaz "Listado de Alimentos", que incluye la capacidad de agregar, eliminar y editar alimentos. Asimismo, la interfaz "Subir Archivo Excel" permite a los administradores descargar o agregar alimentos en masa utilizando archivos Excel. Finalmente, los "Reportes de Pacientes" ofrecen una visión general de los usuarios y pacientes registrados en el sistema, brindando una herramienta poderosa para la administración y supervisión.

Se realizó varias pruebas y entregables relacionados con el desarrollo de aplicativos móviles y servidores web. Algunos de ellos fueron:

- Pruebas de caja negra en la aplicación móvil, incluyendo pruebas de inicio de sesión, registro de usuarios, propuesta de dieta y solicitud de datos iniciales.
- Pruebas de caja negra en el servidor web, incluyendo pruebas de consultar listado de usuarios y listado de pacientes.
- Se presentó grafos de flujo y capturas de pantalla de la aplicación.
- Además, se mencionó costos presupuestos.

Fase #4: Revisión y retrospectiva

En el marco de la gestión de entregables del sprint, se han diseñado e implementado una serie de interfaces tanto para la aplicación móvil como para el servidor web. La aplicación móvil ofrece interfaces clave, como "Inicio de Sesión" con campos para correo y contraseña, "Registrar Usuario" que permite el registro de usuarios con datos personales y contraseñas, "Solicitud de Datos Iniciales" para calcular las calorías necesarias, "Proponer Dieta" para mostrar recomendaciones de dieta, "Consultar Listado de Alimentos" para ver alimentos registrados y "Reportes de Peso" que proporciona un seguimiento gráfico del peso a lo largo del tiempo. En cuanto al servidor web, se han desarrollado interfaces para administradores,

incluyendo "Ingreso de Sesión Administrativa" para autenticarse, "Listado de Usuarios" para ver y eliminar usuarios, "Listado de Pacientes" que muestra pacientes registrados con opciones de eliminación, "Listado de Alimentos" para gestionar alimentos en la base de datos, "Subir Archivo Excel" que permite la carga masiva de alimentos a través de archivos Excel y "Reportes de Pacientes" que brinda una visión general de los usuarios y pacientes registrados en el sistema. Cada interfaz cumple con criterios de aceptación específicos, garantizando su funcionalidad y usabilidad.

En retrospectiva del sprint, se detallan las tareas estimadas para la aplicación móvil y el servidor web. Para la aplicación móvil, se han completado tareas como la creación de interfaces de inicio de sesión, registro de usuarios, propuesta de dieta, solicitud de datos iniciales, consulta de alimentos y reportes de peso, con criterios de aceptación claros para cada una. Del mismo modo, el servidor web ha implementado interfaces de administración, incluyendo el ingreso de sesión administrativa, listados de usuarios y pacientes, gestión de alimentos, carga de archivos Excel y generación de reportes de pacientes. Estas tareas se han completado con éxito, garantizando el funcionamiento eficiente de las interfaces y proporcionando a los administradores las herramientas necesarias para administrar el sistema de manera efectiva.

Fase #5: Lanzamiento:

Durante el desarrollo del proyecto, se lograron avances significativos en la creación de una aplicación centrada en la gestión de datos de pacientes y usuarios relacionados con su dieta y control de peso. Se destacan varios logros clave, como el diseño e implementación de interfaces funcionales, como inicio de sesión, registro de usuarios, cálculo de calorías, listado de alimentos y control de peso del paciente. Cada interfaz se diseñó de manera intuitiva y se integró exitosamente en la aplicación. Se implementó una funcionalidad de registro y cálculo de calorías que permite a los usuarios ingresar datos precisos para la personalización de la dieta. Las interfaces proporcionan visualizaciones claras y detalladas de datos relevantes, como información de alimentos, control de peso y reportes generales de pacientes.

El proyecto también incluyó funcionalidades específicas para administradores, quienes pueden gestionar usuarios, alimentos y generar reportes. Se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para garantizar un funcionamiento sólido y se destacó la importancia de una planificación detallada antes de la implementación. Se sugiere realizar pruebas más tempranas y constantes en proyectos futuros y mejorar la interfaz de usuario para una experiencia más intuitiva. Además, se recomienda

mantenerse al tanto de los avances tecnológicos y las mejores prácticas en el campo de la inteligencia artificial y la nutrición para futuras optimizaciones y expansiones del sistema.

En base a los objetivos de la investigación

Obtener un dataset de calidad de datos antropométricos.

Para alcanzar este objetivo, se recopiló un conjunto de datos antropométricos con información sobre género, edad, peso, altura y nivel de actividad física. Con el fin de garantizar la calidad del dataset y su utilidad en el desarrollo del modelo de predicción de necesidades calóricas, se aplicaron los distintos criterios de evaluación, los cuales se detallan a continuación.

En un primer análisis, se realizó un proceso de depuración que incluyó la eliminación de registros con datos nulos o inconsistentes, asegurando la completitud de la información. Posteriormente, se verificó con métricas de calidad de datos. Para esta investigación, se utilizaron los criterios de unicidad, confiabilidad y completitud. Los resultados de esta evaluación indican que más del 80% de los datos antropométricos cumplen con los estándares de calidad establecidos, consolidando un dataset final de 77,625 registros.

Este conjunto de datos sirvió como base para el desarrollo del modelo de red neuronal, garantizando que las predicciones sobre el consumo calórico sean precisas y estén respaldadas por información confiable.

Diseñar e implementar un modelo con una red neuronal capaz de predecir dietas alimenticias saludables y equilibradas basada en el déficit calórico nutricional.

Se desarrolló un modelo de red neuronal utilizando un conjunto de 77,625 registros de datos que incluían información sobre género, edad, peso, altura y nivel de actividad física. Estos datos, representados como la variable X, fueron empleados para predecir las necesidades calóricas diarias de cada usuario (variable Y). El entrenamiento del modelo se realizó siguiendo la metodología CRISP-DM.

El aplicativo móvil, basado en este modelo, genera dietas personalizadas que se ajustan a las necesidades calóricas estimadas, proporcionando opciones de desayuno, almuerzo y cena sin exceder la cantidad diaria recomendada. La aplicación utiliza una base de datos de alimentos peruanos proporcionada por el MINSA.

Para verificar la efectividad del sistema, se realizaron pruebas de pre-test y post-test durante un período de dos meses, en las que se solicitaron nuevamente los datos

antropométricos de los usuarios, como peso, talla, edad y nivel de actividad física. Los resultados mostraron que en promedio los participantes experimentaron una reducción de peso de 5.65 kilogramos. Además, se observó que algunos usuarios optaron por complementar la dieta con una rutina de ejercicio físico moderado, lo cual habría contribuido positivamente a sus resultados. Este seguimiento permitió validar no solo la capacidad predictiva del modelo, sino que también contribuye a generar un impacto positivo en la salud de los usuarios.

Analizar la precisión del modelado de la red neuronal usando las métricas MAE, MSE y R².

La evaluación del modelo de red neuronal demostró un rendimiento destacado. El MAE y MSE reflejaron márgenes de error de menos del 3%, con un MAE del 0.3% y un MSE del 2.8%. El Coeficiente de Determinación (R^2) alcanzó un valor de 0.999, lo que sugiere una alta capacidad predictiva del modelo, explicando aproximadamente el 99.9% de la variación en las estimaciones de calorías. En resumen, el modelo de red neuronal es eficaz en la predicción de necesidades calóricas.

Evaluar la adecuación funcional y la usabilidad del modelo implementado con base en los atributos definidos por la norma ISO/IEC 25010.

Con el fin de alcanzar este objetivo, se consideró la realización de una prueba de nivel de adecuación funcional y usabilidad para evaluar todos los estándares sugeridos por el ISO 25010.

Los resultados presentados reflejan una valoración sólida de la aplicación móvil en cuanto a su adecuación funcional, medida según los criterios establecidos en la norma ISO/IEC 25010. En el aspecto de completitud, el 77.78% de los participantes indicó que el sistema ofrece suficientes opciones alimenticias, y el 83.33% consideró que incluye las funcionalidades necesarias para apoyar un déficit calórico efectivo. En cuanto a la corrección funcional, el 77.78% afirmó que los valores nutricionales presentados son correctos, mientras que el 72.22% reconoció como confiables las recomendaciones y cálculos realizados. Respecto a la pertinencia funcional, el 88.89% de los encuestados señaló que el sistema adapta sus sugerencias, el 83.33% estuvo conforme con las calorías estimadas, y el 88.89% manifestó que la herramienta favoreció su reducción de peso, con una disminución promedio del 5.65% en un período de dos meses. Al analizar en conjunto estos indicadores, se

obtiene un promedio de 81.74% de respuestas positivas, lo cual respalda de forma consistente la calidad funcional percibida del sistema.

En relación con la usabilidad del aplicativo móvil, los resultados muestran un notable nivel de aceptación por parte de los usuarios. La mayoría de los participantes señaló que la aplicación cumplió con sus expectativas, ofreció una navegación fluida y les permitió operar las funciones sin inconvenientes. Asimismo, aspectos clave como el aprendizaje, la prevención de errores, el diseño visual y la accesibilidad fueron bien valorados. El promedio general de respuestas afirmativas alcanzó un 82.64%, lo cual supera el umbral del 80% considerado como aceptable.

Tanto en los aspectos de adecuación funcional como en la usabilidad, los resultados obtenidos permiten concluir que el sistema cumple con los estándares establecidos por la norma ISO/IEC 25010.

Discusión

El estudio de Sylvester M. Sefa-Yeboah et al [7], que también abordó la obesidad utilizando tecnología, encontramos similitudes y diferencias significativas. Aunque ambos proyectos se basan en el uso de tecnología, nuestra investigación se diferencia al emplear una red neuronal en lugar de un algoritmo genético para calcular las calorías necesarias y brindar recomendaciones alimenticias. Además, nuestro enfoque se centra en prevenir la obesidad al promover hábitos alimenticios saludables, mientras que el sistema de Sefa-Yeboah se centra en el seguimiento y la gestión de la ingesta calórica. A diferencia de su estudio, hemos desarrollado una página web administrativa que complementa la aplicación móvil, permitiendo el acceso a informes y la gestión de alimentos, proporcionando un entorno más completo para la gestión de la dieta.

El estudio de Joe Llerena Izquierdo et al [3], propone una aplicación móvil para el control nutricional de mujeres gestantes en riesgo de anemia ferropénica, compartiendo similitudes con este proyecto en su enfoque de abordar problemas de salud relacionados con la alimentación. Ambos proyectos se basan en principios nutricionales y promueven la importancia de una alimentación adecuada. Mientras que el estudio de Joe Llerena se centra en corregir deficiencias de hierro en mujeres gestantes, este proyecto de tesis se enfoca en prevenir el exceso de peso a través del principio del déficit calórico y la promoción de una dieta equilibrada. Ambos proyectos demuestran la efectividad de utilizar tecnología para dar seguimiento a hábitos alimenticios saludables y mejorar la salud, con un enfoque en problemas de salud específicos, pero compartiendo el objetivo común de contribuir a una mejor calidad de vida para los usuarios.

Mi proyecto de tesis se enfoca en la salud y la tecnología, al igual que otros estudios. Si bien compartimos objetivos similares con proyectos previos, nuestro enfoque es específico en nutrición y gestión de peso, mientras que otros abordan una gama más amplia de áreas de salud. Ambos proyectos destacan la importancia de la tecnología en la atención médica actual. En futuros proyectos, se podría considerar una subdivisión para abordar necesidades de salud más específicas.

El estudio de Quispe Bellido et al. [4] mostró que las aplicaciones móviles pueden reducir el IMC y la obesidad en pacientes con sobrepeso y obesidad. Esto respalda la idea de que las aplicaciones móviles pueden tener un impacto positivo en la salud de las personas con problemas de peso, enfocándose en la composición corporal. Estos hallazgos subrayan el potencial de las tecnologías móviles para promover hábitos alimenticios saludables y la gestión del peso.

Mi proyecto se relaciona con "Nutritracker" de Alfaro et al. [5], ambos se centran en la importancia de la información nutricional para abordar el sobrepeso y la obesidad. Mientras "Nutritracker" informa a los usuarios sobre los alimentos, nuestro proyecto guía hacia elecciones saludables mediante cálculos de calorías. Ambos contribuyen a promover hábitos alimenticios más saludables y reducir el sobrepeso y la obesidad, destacando la importancia de enfoques diversos para abordar este desafío de salud.

Mi investigación se relaciona con "Full Feed" de Quispe Palacios et al. [6], ya que ambos buscan soluciones tecnológicas para problemas relacionados con la obesidad. Aunque los objetivos son distintos, ambas destacan el papel de las aplicaciones móviles en la mejora de la salud y la gestión de la dieta. La metodología SCRUM enfatiza la adaptación y optimización de los procesos. Ambos proyectos resaltan la importancia de la tecnología y la información nutricional para promover hábitos alimenticios saludables y combatir el sobrepeso y la obesidad, contribuyendo a enfoques más integrales para este desafío de salud.

La investigación se relaciona con el trabajo de Guevara et al. [9], que se enfoca en implementar una aplicación móvil para ofrecer planes alimenticios personalizados y mejorar los hábitos alimenticios. Ambos proyectos comparten la visión de utilizar aplicaciones móviles para promover la mejora de la alimentación y la atención a las necesidades calóricas de los usuarios. Aunque difieren en algunos aspectos, ambos proyectos resaltan la importancia de un enfoque estructurado en proyectos tecnológicos y la consideración de las necesidades calóricas del usuario, lo que puede inspirar mejoras en nuestro enfoque de control calórico.

Se relaciona con el estudio de Santa Cruz [10], que se centra en identificar malos hábitos alimenticios y la falta de actividad física en estudiantes universitarios. A pesar de las diferencias en enfoques y métodos, ambos proyectos comparten el propósito de abordar los hábitos alimenticios deficientes y promover un estilo de vida más saludable, contribuyendo a la prevención del sobrepeso y la obesidad. Ambos proyectos combinan tecnología avanzada y principios de nutrición como enfoque innovador para mejorar la salud y el bienestar en un contexto donde la preocupación por la salud está en aumento.

Nuestra tesis se relaciona con la investigación de Acuña et al. [11], ya que ambas abordan la obesidad en poblaciones específicas, aunque difieren en la metodología. Mientras que Acuña se enfoca en factores de riesgo y estrategias de salud, nuestro proyecto desarrolla una aplicación móvil con recomendaciones de planes alimenticios. Ambos estudios identifican la influencia del entorno y los hábitos alimenticios en la obesidad, destacando la importancia de abordar el problema desde múltiples perspectivas y utilizar herramientas tecnológicas para promover hábitos saludables. Juntos, estos hallazgos ofrecen una visión integral para combatir la obesidad y mejorar la calidad de vida en las poblaciones estudiadas.

Conclusiones

1. Se logró consolidar un dataset depurado y confiable de datos antropométricos, cumpliendo con criterios de calidad como unicidad, completitud y confiabilidad. Con un cumplimiento superior al 80% en estos indicadores, el conjunto de datos resultante brindó una base sólida para el desarrollo del modelo predictivo.
2. Se logró diseñar e implementar un modelo de red neuronal capaz de predecir dietas personalizadas basadas en el déficit calórico nutricional. La efectividad del sistema fue validada mediante pruebas pre y post-test, reflejando una reducción promedio de 5.65 kg en los usuarios. Estos resultados evidencian la precisión del modelo y su impacto positivo en la salud de los participantes.
3. En la evaluación del modelo de red neuronal utilizando las métricas MAE, MSE y R^2 , se concluye que al lograr márgenes de error inferiores al 3% y un coeficiente de determinación del 99.9%, la red neuronal demuestra un rendimiento consistente con las expectativas y es capaz de realizar predicciones adecuadas en cuanto a las calorías requeridas.
4. Los resultados obtenidos muestran un alto nivel de satisfacción por parte de los usuarios tanto en la funcionalidad como en la usabilidad del aplicativo móvil, alcanzando promedios del 81.74% y 82.64% respectivamente. Estos valores superan

el umbral del 80% establecido como referencia aceptable según la norma ISO/IEC 25010, respaldando así el cumplimiento de los estándares de calidad definidos por dicho modelo.

Recomendaciones

En futuras investigaciones, sería recomendable explorar la posibilidad de integrar la actividad física como un componente complementario a las recomendaciones dietéticas proporcionadas por la aplicación móvil. Esta estrategia tiene el potencial de mejorar considerablemente la eficacia en la lucha contra la obesidad al abordar tanto la ingesta calórica como el gasto energético, creando así un enfoque más integral para la gestión del peso y la promoción de la salud.

Para futuras investigaciones, sería beneficioso explorar la posibilidad de integrar funcionalidades compatibles con dispositivos de relojes inteligentes, lo que permitiría a los usuarios recibir recordatorios y seguimiento en tiempo real de su adherencia a los planes de alimentación y ejercicio. Esta mejora potencial podría aumentar la participación y el compromiso de los usuarios, ayudándolos a mantenerse en el camino hacia sus objetivos de salud de manera más efectiva.

En futuras investigaciones, se sugiere la posibilidad de mejorar el seguimiento del usuario mediante la implementación de un sistema más detallado y personalizado. Esto incluiría la opción de almacenar información sobre todas las dietas que se completaron con éxito, además de la posibilidad de recompensar los esfuerzos del usuario. Esta estrategia tiene el potencial de servir como una fuente adicional de motivación para mantener el compromiso y el progreso en su búsqueda de objetivos relacionados con la dieta y la salud.

Referencias

- [1] "Cerca del 70% de adultos peruanos padecen de obesidad y sobrepeso". INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. <https://web.ins.gob.pe/es/prensa/noticia/cerca-del-70-de-adultos-peruanos-padecen-de-obesidad-y-sobrepeso> (accedido el 20 de mayo de 2022).
- [2] OMS. "Obesidad y sobrepeso". WHO | World Health Organization. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (accedido May. 20,2022).
- [3] J. Llerena-Izquierdo y M. Merino-Lazo, "Aplicación móvil de control nutricional para prevención de la anemia ferropénica en la mujer gestante", Revista InGenio, vol. 4, n.º 1, pp. 17–26, enero de 2021. Accedido el 7 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.18779/ingenio.v4i1.364>

- [4] R. Quispe Bellido y M. L. Rodriguez Velazque, “Efecto de la implementación del aplicativo móvil sobre la composición corporal en pacientes con sobrepeso y obesidad en el Centro de Salud El Álamo, Callao-2019”, Repositorio Institucional - UCV, 2019, Consultado: el 30 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40506>
- [5] S. Y. Alfaro Alvarado, M. M. Elías García, F. I. Ramos Aguirre, y D. Toyama Taira, “Propuesta de aplicativo móvil para consulta y control de consumo nutricional”, oct. 2022, Consultado: el 30 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/23603>
- [6] A. L. Quispe Palacios y L. E. Pairazaman Arias, “Aplicación móvil para la asignación y generación de planes dietéticos para personas que sufren de obesidad basado en el modelo de decisiones multicriterio”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), abr. 2023, Consultado: el 30 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/668034>
- [7] S. Sefa-Yeboah et al, "Development of a Mobile Application Platform for Self-Management of Obesity Using Artificial Intelligence Techniques," International Journal of Telemedicine and Applications, vol. 2021, 2021. Available: <https://www.hindawi.com/journals/ijta/2021/6624057/>. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6624057>.
- [8] D. Suárez, "Nutrain: aplicación web de nutrición, entrenamiento y otros aspectos de la salud.", Tesis de grado, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, 2020. Accedido el 7 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/10553/77855>
- [9] L. B. Guevara Alburqueque y R. Jiménez Salvador, “Aplicación móvil recomendadora de planes alimenticios personalizados para la mejora de hábitos de alimentación de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Computación e Informática de la UNPRG”, sep. 2020, Consultado: el 30 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8699>
- [10] S. C. Mio y S. Elizabeth, “Programa Educativo para mejorar la práctica de hábitos alimenticios y actividad física de las estudiantes del I Ciclo de la Escuela Profesional de Obstetricia de la Universidad Particular de Chiclayo- Lambayeque, 2017”, dic. 2021, Consultado: el 30 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11633>

- [11] D. M. Acuña Ydrogo y L. del C. Campos Macalopú, “Promoción y educación de la salud para la reducción de la obesidad en adultos del distrito de Pátapo Lambayeque 2020”, Repositorio Institucional - USS, 2022, Consultado: el 30 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9737>
- [12] D. Velasco, "Hábitos alimenticios en los estudiantes del nivel inicial", Título Profesional de Segunda Especialidad, UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES, Piura, 2019. Accedido el 24 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/888/VELASCO%20VELASCO,%20DILMA%20MERCEDDES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [13] "Obesidad - síntomas y causas - mayo clinic". Mayo Clinic - Mayo Clinic. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/obesity/symptoms-causes/syc-20375742> (accedido el 24 de mayo de 2022).
- [14] A. Burga, “Aplicativo móvil con realidad aumentada para apoyar el aprendizaje del área de ciencia y ambiente para niños de 4 años del nivel inicial de la Institución Educativa Augusto Salazar Bondy,” Ingeniero, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2709>
- [15] G. S. Llatas, “Implementación de un aplicativo móvil para mejorar el programa de tenencia responsable de canes para la veterinaria el Campo Ganadero del distrito de la Victoria,” Ingeniero, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2961>
- [16] L. Rouhiainen, Inteligencia Artificial 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro. Barcelona: Alienta editorial, 2018. Accedido el 24 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible: https://static0planetadelibroscom.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39308_Inteligencia_artificial.pdf
- [17] Amazon, “¿Qué es una red neuronal? - Explicación de las redes neuronales artificiales - AWS”, Amazon Web Services, Inc. Consultado: el 30 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/neural-network/>
- [18] “The 2020 Scrum Guide TM.” SCRUM GUIDE. <https://scrumguides.org/scrum-guide.html> (accedido oct. 8,2023)

- [19] G. García, "Aplicación de la metodología crisp-dm® a la recolección y análisis de datos georreferenciados desde twitter®", Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2018. [Online]. Disponible: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/20099/GarciaVelezGustavoAdolfo2018.pdf?sequence=3>
- [20] Manual de Frascati 2015. (2018). OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264310681-es>
- [21] "Sector de Nutrición | INEE". Red Interagencial para la Educación en Situaciones de Emergencia. <https://inee.org/es/eie-glossary/sector-de-nutricion#:~:text=El%20propósito%20del%20sector%20de,denominado%20Grupo%20Sectorial%20de%20Nutrición> (accedido el 24 de mayo de 2022).
- [22] Bernal, Cesar A., et al. Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 2016.
- [23] Berndtsson, Mikael; Hansson, Jörgen; Olsson Björn; Lundell, Björn. Thesis Projects A Guide for Students in Computer Science and Information Systems. Springer, 2008.
- [24] OMS. "Obesidad y sobrepeso". WHO | World Health Organization. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (accedido May. 20,2022).
- [25] A. Carbajal," Manual de nutrición y dietética," Universidad Complutense de Madrid, Sept. 2013. [Online]. Disponible: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/22755/1/Manual-nutricion-dietetica-CARBAJAL.pdf>
- [26] A. Mesejo et al, "Manual básico de nutrición clínica y dietética," Hospital clínico universitario de valencia, 2012. [Online]. Disponible: https://gruposedetrabajo.sefh.es/gefp/images/stories/documentos/4-ATENCION-FARMACEUTICA/Nutricion/Manual_basico_N_clinica_y_Dietetica_Valencia_2012.pdf
- [27] N. Caicedo et al, "Alimentación y nutrición de la población, en el curso de vida manual para el personal de salud," Ministerio de salud del Perú, Divegráficas Ltda, Medellín, Colombia. [Online]. Disponible: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3877.pdf>
- [28] A. Salinas et al, "Atención y recomendaciones de alimentación y nutrición en covid-19", México, abr. 6, 2020. [Online]. Disponible:

<https://www.anahuac.mx/mexico/files/2020/04/Recomendaciones-de-Alimentacion-y-Nutricion-COVID-19.pdf>

- [29] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, y P. Baptista Lucio, Metodología de la Investigación, 6 ed. Mexico: México: McGRAW-HILL/Interamericana Editores, S.A. de CV, 2024.

Anexos

ANEXO N° 01. CARTA DE PRESENTACIÓN



Chiclayo, 24 de agosto de 2022

CARTA N° 046-2022-USAT- EISC

Señor(a)
Dr. Víctor Torres Anaya
Gerente
HOSPITAL ALMANZOR AGUINAGA ASENJO
Presente. -

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted para expresarle mis saludos a nombre de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y desearle éxitos en su gestión al frente de su representada.

Asimismo, por este medio presentarle al estudiante **JOSE NICOLAZ PRADO BOBADILLA** identificado con DNI N° 71702253 y código universitario 181CV76720 de la **ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**, quien se encuentra desarrollando su proyecto de investigación aprobado bajo la denominación: **APLICATIVO MÓVIL CON MACHINE LEARNING QUE PROPONE EL CORRECTO HÁBITO ALIMENTICIO EN PERSONAS CON OBESIDAD, COLABORANDO CON ALMANZOR AGUINAGA ASENJO.**

Por este motivo, solicito a usted pueda otorgarle las facilidades, permisos y apoyo pertinentes en acceder a la información necesaria para la continuidad de su trabajo de investigación; tomando en cuenta las medidas de seguridad y aislamiento social decretado por el gobierno, frente a la propagación del COVID 19.


Agradeciendo de antemano su atención a la presente, me despido expresando mi estima personal.

Atentamente,

Dr. Ing. Maximiliano Arroyo Ulloa
Decano de la Facultad de Ingeniería
USAT



ANEXO N°2 CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE DE
LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS

 **EsSalud** RED PRESTACIONAL LAMBAYEQUE
HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR AGUINAGA ASENJO
COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN ÉTICA:
N° 033 - CIEI-RPLAMB.2023**

El Presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Red Prestacional Lambayeque, hace constar que, el protocolo de investigación señalado a continuación fue **APROBADO**:

- **Título del Estudio:** "Aplicativo móvil con machine learning que propone el correcto hábito alimenticio en personas con obesidad, colaborando con "Almanzor Aguinaga Asenjo"
- **Investigador Principal(es):** José Nicolaz Prado Bobadilla
- **Asesor (es):** Chavarry Chankay Mariana
- **Colaborador (es):** Dolores Domitila Risco de Bocanegra
- **Institución:** UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO. FACULTAD DE INGENIERÍA. ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

Para la aprobación se ha considerado el cumplimiento de pautas éticas en investigación, incluyendo el balance beneficio/riesgo, confidencialidad de los datos y otros.

Cualquier enmienda en los objetivos secundarios, metodología y aspectos éticos debe ser solicitada a este comité.

El periodo de vigencia de la presente aprobación será de **05 meses**; desde el 05 de mayo al 05 de octubre del 2023, debiendo solicitar la renovación con 30 días de anticipación.

Sírvase enviar el informe final del estudio, una vez concluido el mismo a la Oficina de Investigación y Docencia del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo.

Chiclayo, 05 de mayo del 2023

STV/cva
(CIEI-RPLAMB.:05-MAY-2023
Folios: ()

NIT	7550	2023	029
-----	------	------	-----


Dr. Shady Hella Vera
PRESIDENTE TITULAR
COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN
RED PRESTACIONAL LAMBAYEQUE
EsSalud

STV/cva cieilambayequeessalud@gmail.com Plaza de la Seguridad Social S/N Chiclayo - Lambayeque, Peru
Teléf. (074) 481120 - Anexo 3507, (074) 221555

ANEXO N°3 VALIDACIÓN DE DATOS DEL NUTRICIONISTA

Validación de datos del nutricionista

Este documento tiene como finalidad validar la información recopilada en la tesis titulada "Sistema Inteligente Basado en Redes Neuronales para Predecir Dietas Alimenticias que Ayuden a Prevenir la Obesidad en Pacientes del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo - 2023". El objetivo principal de la tesis es desarrollar un sistema inteligente que genere recomendaciones dietéticas personalizadas para prevenir la obesidad.

En esta etapa de validación, hemos solicitado la colaboración de la nutricionista Eddy Pamela Coronel Pajero para que revise y valide los datos relacionados con la cantidad de alimentos permitidos en el desayuno, cena y también la cantidad de calorías mínimas que debe consumir una persona. Su experiencia y conocimiento en nutrición son fundamentales para asegurar la confiabilidad y precisión de los resultados obtenidos.

La validación de estos datos por parte de la nutricionista nos permitirá respaldar la calidad y precisión de las recomendaciones dietéticas generadas por el sistema inteligente, así como garantizar la seguridad y efectividad de las dietas propuestas.

Este documento no constituye el informe final de la tesis, pero representa un avance importante en la validación de la información recopilada y en el respaldo de las recomendaciones dietéticas generadas por el sistema inteligente.

Agradecemos su atención e interés en este proyecto de investigación.

Preguntas elaboradas	Validación del nutricionista
¿Cuántos tipos de alimentos se debe recomendar ingerir en el desayuno?	3 a 4
¿Cuántos tipos de alimentos se debe recomendar ingerir en la cena?	3
¿Cuál es la cantidad mínima de calorías debe consumir una persona?	1,200 - 1,500
¿Cuál es una óptima división de porcentajes para los carbohidratos, proteínas y lípidos?	60% CHO. 20-25% gras. 10-15% prot.

Fecha: 03/07/2023



nutricionista

Lic. Pamela Coronel Pajero
Médico Nutricionista