



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
SISTEMAS**

Sistema Web basado en técnicas de aprendizaje
automático para recomendación de tratamientos a
pacientes de Fisioterapia y Rehabilitación

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Sistemas

AUTOR:

Valladares Retete, Henry Alexander (orcid.org/0000-0001-6013-3647)

ASESOR:

Mgtr. Tavera Ramos, Anthony Paul (orcid.org/0000-0002-4159-930X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas de Información y Comunicaciones

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

PIURA — PERÚ

2024



Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, TAVARA RAMOS ANTHONY PAUL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático para recomendación de tratamientos a pacientes de Fisioterapia y Rehabilitación", cuyo autor es VALLADARES RETETE HENRY ALEXANDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

PIURA, 08 de Junio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
TAVARA RAMOS ANTHONY PAUL DNI: 40784283 ORCID: 0000-0002-4159-930X	Firmado electrónicamente por: ATAVARAR el 08-06- 2024 10:22:40

Código documento Trilce: TRI - 0757348



Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, VALLADARES RETETE HENRY ALEXANDER estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático para recomendación de tratamientos a pacientes de Fisioterapia y Rehabilitación", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
HENRY ALEXANDER VALLADARES RETETE DNI: 75327549 ORCID: 0000-0001-6013-3647	Firmado electrónicamente por: HVALLADARES el 02-06-2024 12:45:31

Código documento Trilce: TRI - 0755398

DEDICATORIA

La presente investigación va dedicada a mi madre y mi padre quien día a día, me apoyo en todo este proceso para ser un gran profesional, a mi pareja que fue base fundamental para no rendirme en ningún momento. A mis docentes y compañeros que me acompañaron a lo largo de este camino.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a asesor, por enseñarnos y proporcionar los conocimientos, con las herramientas necesarias para poder lograr la elaboración de la presente investigación

Asimismo, a mi familia por siempre confiar en mi en todo momento desde las dificultades presentadas hasta poder lograr ser un profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	ii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. METODOLOGÍA.....	25
III. RESULTADOS.....	30
IV. DISCUSIÓN	37
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. RECOMENDACIONES.....	44
REFERENCIAS	45
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Pruebas descriptivas del nivel de eficiencia	30
Tabla 2 Pruebas descriptivas del nivel de eficacia	31
Tabla 3 Pruebas descriptivas del indicador: nivel de usabilidad.....	32
Tabla 4 Análisis de fiabilidad	33
Tabla 5 Prueba de normalidad	34
Tabla 6 prueba de hipótesis	35
Tabla 7 Anexo 01: Tabla de operacionalización.....	53
Tabla 8 Anexo 2: Instrumento de recolección de datos.....	54
Tabla 9 Ficha de observación	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 FÓRMULA MUESTRA	27
Ilustración 2 CARTA PRESENTACIÓN.....	57
Ilustración 3 Login Del Sistema	60
Ilustración 4 Pantalla De Inicio	60
Ilustración 5 Registro De Pacientes	61
Ilustración 6 Calendario De Especialistas	61
Ilustración 7 Registro De Especialistas	62
Ilustración 8 Registros De Medicamentos	62
Ilustración 9 Registro De Cita Medica	63
Ilustración 10 Apartado De Tratamientos	63
Ilustración 11 Evaluación Del Paciente	64
Ilustración 12 Resultados	64

RESUMEN

En la actualidad, los profesionales de la salud buscan métodos más prácticos para mejorar tanto la atención al paciente como la aplicación de tratamientos. En fisioterapia y rehabilitación, los médicos tienen un conocimiento profundo sobre los ejercicios y tratamientos necesarios para la recuperación de los pacientes. La tecnología avanza rápidamente, y su integración en la fisioterapia promete tratamientos más eficaces.

Es por ello que esta investigación se centra en la integración de nuevas tecnologías en los centros de salud de fisioterapia y rehabilitación, con el objetivo de mejorar los servicios mediante la implementación de tecnologías avanzadas, específicamente, un sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático. Los objetivos del estudio incluyen evaluar la coherencia y eficacia de los tratamientos recomendados por este sistema en comparación con los tratamientos tradicionales administrados por profesionales de la salud en centros de fisioterapia y rehabilitación. Asimismo, se busca determinar la facilidad de uso y la aceptación del sistema por parte de los usuarios aprovechando el potencial del Aprendizaje Automático (Machine Learning, ML) para optimizar los procesos en estos entornos médicos.

Demostrando así que el estudio logró confirmar la eficiencia de las recomendaciones proporcionadas por el sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático. Esto se evidenció con un p-valor de 0.001, menor a 0.05, y un alfa de Cronbach de 0.821, lo que indica una buena fiabilidad en la medición de la coherencia. Los resultados sugieren que las preguntas evaluaron de manera fiable la coherencia de las recomendaciones dadas por el sistema, demostrando así que este es capaz de proporcionar tratamientos coherentes y precisos en el contexto de la fisioterapia y rehabilitación.

Aunque el ML ya ha demostrado ser útil en el diagnóstico y tratamiento de diversas condiciones médicas, su aplicación en fisioterapia y rehabilitación ha sido menos explorada. Esta tesis pretende llenar ese vacío desarrollando un sistema innovador de recomendación de tratamientos personalizados.

Palabras clave: Sistema Web, aprendizaje automático, tratamiento.

ABSTRACT

Currently, healthcare professionals seek more practical methods to improve both patient care and treatment application. In physiotherapy and rehabilitation, doctors possess deep knowledge about the exercises and treatments necessary for patient recovery. Technology is advancing rapidly, and its integration into physiotherapy promises more effective treatments.

Therefore, this research focuses on the integration of new technologies in physiotherapy and rehabilitation health centers, aiming to improve services through the implementation of advanced technologies, specifically, a web-based system using machine learning techniques. The study's objectives include evaluating the coherence and efficacy of treatments recommended by this system compared to traditional treatments administered by health professionals in physiotherapy and rehabilitation centers. Additionally, it aims to determine the ease of use and user acceptance of the system by leveraging the potential of Machine Learning (ML) to optimize processes in these medical environments.

The study successfully confirmed the efficiency of the recommendations provided by the web-based system using machine learning techniques. This was evidenced by a p-value of 0.001, less than 0.05, and a Cronbach's alpha of 0.821, indicating good reliability in measuring coherence. The results suggest that the questions reliably assessed the coherence of the recommendations given by the system, demonstrating that it is capable of providing coherent and precise treatments in the context of physiotherapy and rehabilitation.

Although ML has already proven useful in the diagnosis and treatment of various medical conditions, its application in physiotherapy and rehabilitation has been less explored. This thesis aims to fill that gap by developing an innovative system for recommending personalized treatments.

Keywords: Web system, machine learning, treatment.

I. INTRODUCCIÓN

Se conoce que, en la actualidad, los profesionales de la salud buscan formas más prácticas para optimizar diferentes procesos, tanto en la atención al paciente como en la aplicación de tratamientos. Si nos centramos, en el ámbito de fisioterapia y rehabilitación los médicos poseen un profundo conocimiento en el tratamiento y las sesiones de ejercicios que requiere un paciente para su rehabilitación.

Ahora es importante resaltar que existe un profundo crecimiento en los avances tecnológicos, por lo tanto, los profesionales de la salud están interesados en apoyarse en la tecnología puesto que su integración en el campo de fisioterapia y rehabilitación va a permitir brindar un tratamiento más práctico y eficaz.

El Aprendizaje Automático (Machine Learning) considerado parte del campo de la Inteligencia Artificial tiene como finalidad lograr simular las diversas capacidades y comportamientos humanos. Esta disciplina permite que la medicina pueda desarrollar diferentes modelos preventivos para la detección temprana de enfermedades y patologías en los pacientes. Por lo tanto, la aplicación del Aprendizaje Automático produce resultados altamente positivos y precisos en el ámbito de la salud. Se ha logrado evidenciar que la evaluación de datos llega a desempeñar una función esencial en el transcurso de la toma de decisiones, así mismo ejecuta una gran labor con lo que llega a ser la precisión en el contexto de prevención de enfermedades. (Cruz, Poveda y Buitrago, 2022)

Sin embargo, la realidad nos muestra que en los últimos años distintos centros de la salud se han venido innovando y con esto la ayuda de la revolución digital ha impulsado cambios significativos para mejorar principalmente dos áreas: la atención al paciente y los procesos administrativos. La Inteligencia Artificial o (IA) y las nuevas tecnologías se están volviendo cada vez más comunes en los negocios y la sociedad en general, lo que ha generado la necesidad de implementar estas tecnologías en el ámbito de la salud. Como resultado, las organizaciones médicas están adaptándose y orientándose cada vez más hacia el mercado tecnológico. "Actualmente, el mercado de la IA

en la medicina tiene un valor de 9.22 millones de USD en el año 2023, y se espera que alcance los 29.24 millones de USD en el año 2028, con una tarifa de crecimiento compuesto anual del 25.97% en el período pronosticado (2023-2028)". (Mordor Intelligence™ Industry Reports, 2023).

De igual manera se observa que en un estudio realizado en Bangladesh titulado "Modelos de Aprendizaje Automático para el Diagnóstico y Predicción de Enfermedades Renales Crónicas", (Mustafizur Rahman, Al-Amin y Hossain, 2024) aplicaron ocho algoritmos de aprendizaje automático con el objetivo de diagnosticar enfermedades renales crónicas (ERC) y determinar si una persona las padece o no. Para lograr este propósito, se utilizaron dos bases de datos. La primera base de datos constaba de 400 pacientes y se empleó para entrenar y probar el modelo de aprendizaje automático (ML). Por otro lado, la segunda base de datos, con 200 pacientes, se utilizó para la validación y para verificar el rendimiento del modelo propuesto. Los resultados mostraron que, de los ocho algoritmos evaluados, el algoritmo Light GBM obtuvo los mejores resultados. Además, se demostró que el método de eliminación de funciones recursivas (RFE) logró una "media del 99,75% de exactitud, una precisión del 99,70%, una recuperación del 99,41%, una medida F del 99,61%, y un área bajo la curva ROC (AUC-ROC) del 99,57%".

Por otro lado (Bao, Deng y Zhao, 2023) en la universidad central del sur, Centro de Investigación de Medicina Intensiva de Hunan, China, se llegó a aplicar técnicas de aprendizaje automático para poder predecir la mortalidad de pacientes con sepsis. Aunque en la actualidad ya existen varios modelos que pueden llegar a predecir la mortalidad en estos individuos, los resultados obtenidos no llegaron a ser los esperados. Por lo que a través de este estudio se utilizó el algoritmo GBM ligero, donde se logró demostrar un rendimiento excelente en el pronóstico de pacientes con sepsis. Además, se pudo comprobar que este modelo implementado permite predecir la mortalidad de manera más precisa, superando así las estadísticas

convencionales y otros enfoques de aprendizaje automático previamente propuestos.

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) se comprenden de una gran variedad de afecciones clínicas que afectan a músculos, huesos, ligamentos, articulaciones y otras estructuras que permiten el movimiento y estabilidad del cuerpo. Actualmente se llega a considerar que estos trastornos son uno de los principales problemas en la salud pública puesto que causan discapacidades temporales y permanentes afectando en el ámbito, personal, familiar, social y laboral. (Ramírez, et al., 2019)

La fisioterapia y rehabilitación juegan un papel importante al tratar y prevenir discapacidades de músculos y huesos buscando recuperar la función, aliviando dolores, dada la alta prevalencia de TME y fracturas, exacerbados por el envejecimiento y el estilo de vida sedentario de la población es por ello que es crucial establecer un sistema de tratamiento y rehabilitación accesible, eficaz y eficiente que va a permitir mejorar la calidad de vida.

En Latinoamérica, datos de la Dirección de Epidemiología e Investigación del Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales de Venezuela indican que desde el año 2002, los TME han sido la principal causa de enfermedades ocupacionales, alcanzando un 76,5% del total en 2006. En Chile, las estadísticas de las instituciones administradoras del seguro Ley 16.744 mostraron que, en 2011, el 71% de los días de trabajo perdidos se debieron a problemas musculoesqueléticos.

Según la OMS, 1710 millones de personas padecen trastornos musculoesqueléticos, con 568 millones afectados por dolor lumbar. Estas prevalencias resultan en mayores limitaciones de movilidad, destreza y autonomía, así como una disminución del bienestar personal y social, tendencia que se espera aumente en las próximas décadas. En Perú, las políticas para prevenir y mitigar estos trastornos son incipientes y necesitan estudios a gran escala adaptados a las diversas realidades problemáticas.

En nuestra realidad y de acuerdo a lo brindado anteriormente, esta investigación se enfoca en la adaptación de nuevas tecnologías en los centros de salud de fisioterapia y rehabilitación a fin de mejorar la experiencia de los servicios prestados y aumentar la eficiencia en los diagnósticos de los pacientes.

Como ya hemos introducido la importancia del MACHINE LEARNING (ML) se busca integrar que el ML en el entorno de los centros médicos para optimizar todos los procesos; puesto que ya se ha demostrado en estudios previos la utilidad del aprendizaje automático en el diagnóstico y tratamiento de diversas condiciones médicas, su aplicación en el campo de fisioterapia y rehabilitación ha sido menos explorada. El presente trabajo busca llenar este vacío al desarrollar un novedoso sistema de recomendación de tratamientos personalizados para esta área.

Al describir la situación problemática, se formula la siguiente pregunta de la investigación: ¿Qué nivel de eficacia muestran los tratamientos proporcionados por el sistema web basado en el aprendizaje automático en comparación con los tratamientos tradicionales ofrecidos por los profesionales del ámbito de fisioterapia y rehabilitación?

El proyecto se justificó de manera teórica, abordando diversos aspectos que respaldaban el estudio de la variable en cuestión y comprometiéndose a llevar a cabo una innovación respaldada científicamente. Este proyecto presentó un alto grado de innovación, lo que requirió un análisis exhaustivo del problema y la comparación con diversos estudios para enriquecer el modelo teórico (Ñaupas et al., 2018).

Además, se justificó de manera práctica al proponer una herramienta innovadora que permitió resolver el problema planteado en la investigación y contribuiría con valiosas aportaciones para futuras investigaciones (Bedoya, 2020).

Desde una perspectiva metodológica, el proyecto se justificó al recopilar datos para la investigación mediante diversos instrumentos de recolección. También se mencionaron las diversas técnicas e

instrumentos que se utilizarían, ya que podían servir como referencias técnicas y recursos en diferentes aspectos (Bedoya, 2020).

El presente estudio tiene como objetivo general: Determinar la eficiencia de los tratamientos brindados por el sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático a pacientes de fisioterapia y rehabilitación. De manera que, se establecen los siguientes objetivos específicos: Evaluar la usabilidad del sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático para la recomendación de tratamientos. Como segundo objetivo demostrar la eficiencia del sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático para la recomendación de tratamientos. Asimismo, como tercer objetivo demostrar la efectividad del sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático para la recomendación de tratamientos.

En base a diversas fuentes que permiten ampliar el conocimiento del proyecto de investigación, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de antecedentes a nivel internacional, nacional y local.

En cuanto a los antecedentes internacionales, se encontró a (Mejía et al., 2023) Con su investigación realizada en Colombia, titulada "Aprendizaje Automático Aplicado a la Predicción de Diabetes Mellitus Utilizando Información Socioeconómica y Ambiental de Usuarios del Sistema de Salud", planteó en su metodología la utilización de modelos predictivos y algoritmos, los cuales fueron aplicados a la base de datos de la empresa ASNEI SALUD, correspondiente al régimen subsidiario de la ciudad de Colombia. Donde se llegó a recopilar información de personas que padecen Hipertensión Arterial (HTA) y, al mismo tiempo, Diabetes Mellitus (DM), categorizadas como la primera clase denominada "SI-DM". También se incluyeron personas con Hipertensión Arterial (HTA) pero sin Diabetes Mellitus (DM), constituyendo la segunda clase denominada "NO-DM". Para obtener los resultados de la investigación, se entrenaron diferentes modelos, los cuales fueron "K vecinos más cercanos", "la curva AUC-ROC", "árboles de decisión" y "bosques aleatorios". Como conclusión, se obtuvo que el modelo AUC-ROC logró obtener los mejores resultados, que fueron del 74,3% (NO-DM) y el 25,7% (SI-DM).

(Menon et al., 2023) En su investigación titulada "Un Sistema Inteligente de Seguimiento de Pacientes Diabéticos Basado en Aprendizaje Automático para Aplicaciones de Salud Electrónica", realizada en la Universidad Reva en la India, se demostró que a través del aprendizaje automático es posible desarrollar un sistema de seguimiento para pacientes con diabetes. El estudio empleó el análisis discriminante lineal (LDA) para el proceso de normalización y también utilizó vectores espaciales (ASV-RF) junto con la optimización por enjambre (PSO). Estos métodos se aplicaron a un grupo de 62 personas con diabetes (44 hombres y 18 mujeres).

Los resultados obtenidos permitieron la predicción del estado de salud futuro y la anticipación de posibles complicaciones. En conclusión, el método ASV-RF propuesto, en contraste con los métodos previamente existentes, logró una precisión y exactitud del 99,86%.

En dichos antecedentes, se emplearon diversos modelos predictivos con el fin de identificar los algoritmos más eficaces para predecir la enfermedad en cuestión. Aunque se aplicaron enfoques diferentes al nuestro, se destacó la adaptación de múltiples algoritmos, lo que tuvo un impacto positivo en los resultados obtenidos. Es por ello que estos antecedentes proporcionaron una base sólida para nuestra investigación, inspirando nuestra elección de enfoque y métodos.

Por otro lado, (Sinche-Crispín et al., 2023) en su investigación denominada "Inteligencia artificial aplicada en la prevención, detección y control del dengue" nos señalan que en la actualidad existen numerosos modelos de Aprendizaje Automático (ML) utilizados para respaldar el control y diagnóstico del dengue. Entre ellos, se destacan las Redes Neuronales Artificiales (ANN), que poseen una gran capacidad de predicción, operación paralela y adaptabilidad. Además, se menciona la Máquina de Vectores de Soporte (SVM - Support Vector Machine), la cual se destaca por su precisión en datos de alta dimensión y se considera de alta complejidad, requiriendo un conocimiento detallado de programación cuántica. En base a estos modelos, se logró pronosticar la presencia de la enfermedad del dengue utilizando datos reales de pacientes del sistema de salud

público de Paraguay. Los resultados muestran que "El modelo ANN obtuvo los mejores resultados, con un promedio del 96 % de precisión, 96 % de sensibilidad y 97 % de especificidad, y se observó una baja variación en treinta particiones diferentes del conjunto de datos. En comparación, el modelo SVM de polinomio también obtuvo resultados destacados, con una precisión, sensibilidad y especificidad superiores al 90 %. Lo cual nos lleva a la conclusión de que el modelo adecuado para el diagnóstico y control del dengue es la Red Neuronal Artificial (ANN)."

En la investigación aplicada, se utilizaron los modelos propuestos por Sinche-Crispín et al. 2023). Al aplicar las Redes Neuronales Artificiales (ANN), se facilitó la realización de tareas de aprendizaje automático. Estas redes tienen la capacidad de realizar un entrenamiento preciso utilizando múltiples datos, lo que demuestra su efectividad en diversas aplicaciones, por ello, es crucial destacar que, para obtener los mejores resultados, el entrenamiento de estas redes requiere una gran cantidad de datos. Por lo tanto, en esta investigación se optó por seleccionar historias clínicas, permitiendo así contar con una amplia información, y el método aplicado genere un resultado eficaz y preciso. Para conocer más sobre la investigación planteada, se dan a conocer antecedentes nacionales como el de (Maco y Eugenio, 2023), que en su tesis titulada "Clasificación del Cáncer de Pulmón en Imágenes de Tomografías mediante Procesamiento de Imágenes y Aprendizaje Automático," llevada a cabo en la ciudad de Chiclayo, el objetivo principal fue clasificar el cáncer de pulmón utilizando procesamiento de imágenes y aprendizaje automático a través de una metodología cuantitativa. Se utilizaron cuatro modelos de entrenamiento y validación, siendo Efficientb4_DA el que arrojó los mejores resultados, con un 95,32% de exactitud, una precisión del 91,29%, una sensibilidad del 89,84%, y una puntuación F de 90,54%. En consecuencia, se logró de manera satisfactoria aplicar el Aprendizaje Automático (ML) en este proyecto.

Además, en la investigación titulada "Investigación sobre el Método de Predicción del Cáncer de Mama Basado en Aprendizaje Automático,"

llevada a cabo en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en la ciudad de Lima, (Núñez, 2022) logró obtener resultados sobresalientes mediante la aplicación de diversas metodologías de predicción y modelos de decisión. Se utilizaron dos conjuntos de datos, uno correspondiente al año 1995 y otro al 1992. El primero constaba de 569 muestras (357 benignas y 212 malignas), mientras que el segundo contenía 685 muestras (444 benignas y 239 malignas).

Después de aplicar varios modelos, se demostró que la red neuronal Multi-Layer alcanzó una precisión máxima del 97,20% en la primera base de datos, mientras que, en la segunda base de datos, el modelo que obtuvo los mejores resultados fue Support Vector Machine (SVM) con un 97,20% de precisión. Es relevante mencionar que, en términos generales y considerando todos los modelos implementados para predecir el cáncer de mama, el modelo Support Vector Machine (SVM) resultó ser el más efectivo.

El autor mencionado explica que a través de los modelos de Machine Learning es posible interpretar las imágenes propuestas, mejorando la precisión y eficacia en la interpretación de imágenes médicas.

Por ende, estas investigaciones especifican cómo la inteligencia artificial adquiere esta capacidad mediante un adecuado entrenamiento. En nuestra investigación, hemos considerado estos resultados para futuras mejoras en el sistema, que nos permitan demostrar mediante técnicas de ML, se puede lograr la predicción y recomendación de resultados interpretando radiografías y placas.

En la tesis realizada por (Bazan Diaz, 2023) para obtener la maestría en Ingeniería de Sistemas, titulada "Sistema Chatbot en el Proceso de Monitoreo en el Área de Comunicaciones de una Asociación de Diabetes Tipo 1 en 2023," se propuso evaluar la influencia de un sistema de Chatbot en el monitoreo de pacientes con diabetes. Este estudio tiene un enfoque cuantitativo y se llevó a cabo en la ciudad de Lima.

La población de estudio consistió en 33 pacientes con diabetes tipo 1. Se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para evaluar distintas dimensiones, como la nutrición, la actividad física y el monitoreo de

glucosa. Los resultados mostraron que el 61,7% de los pacientes (Pretest) no se cuidaba adecuadamente. Sin embargo, después de la intervención (Posttest), este porcentaje aumentó al 70,8%. Esto sugiere que el Chatbot, al servir como guía y proporcionar orientación, puede ser una herramienta útil para los nuevos pacientes.

Si bien la investigación planteada nos brinda una comprensión profunda sobre la influencia que tiene un Chatbot en un sistema, el cual permite mejorar y optimizar distintos procesos en una aplicación, esta técnica de (ML) sirve como guía para orientar a los usuarios al ingresar al sistema web. Esta iniciativa puede considerarse en futuras versiones del sistema, ya que puede ser de gran utilidad para garantizar que el usuario se sienta cómodo y pueda interpretar adecuadamente el sistema, lo que conlleva a una mayor facilidad de uso.

Finalmente es necesario mencionar que dentro de los antecedentes locales encontramos la tesis titulada "Optimización Asistida por Inteligencia Artificial de Vástago Femoral Corto Personalizado," realizada en la Universidad de Piura, (Moscol Albañil, 2022) tuvo como objetivo evaluar la capacidad de los algoritmos de inteligencia artificial (I.A.) para personalizar y optimizar el vástago femoral. En este estudio, se aplicaron diversos algoritmos en dos pacientes, y se demostró que a través de estos algoritmos se logró reducir hasta un 40,13% en el primer paciente y un impresionante 96,44% en el segundo paciente en relación al apantallamiento de las deformaciones.

Por lo tanto, se llegó a la conclusión de que mediante herramientas computacionales como la inteligencia artificial (I.A.), se pudo agilizar el proceso de exploración, evaluación y mejora en las prótesis femorales de manera significativa.

En la tesis realizada para obtener la maestría en Docencia Universitaria en la ciudad de Piura, titulada "Simuladores Interactivos y Proceso de Enseñanza-Aprendizaje en Estudiantes de Enfermería de un Instituto en Mollendo, Piura, 2022," (Medina et al., 2023) lograron aplicar la inteligencia artificial para mejorar la enseñanza mediante el uso de simuladores de realidad virtual. Se empleó una

metodología de enfoque cuantitativo y se llevó a cabo con estudiantes del segundo ciclo de la carrera de enfermería, con un total de 106 estudiantes.

Los resultados obtenidos después de la utilización de los simuladores virtuales fueron altamente satisfactorios. Demostraron que la aplicación de la inteligencia artificial (IA) en la enseñanza logró que el 70% de los estudiantes expresara su satisfacción por una comprensión más efectiva de las clases.

Ambos antecedentes resaltan la importancia de la inteligencia artificial en la creación de diferentes modelos y simuladores que contribuyen a mejorar en recreaciones en 3D en el ámbito de la salud. La inteligencia artificial desempeña un papel fundamental en la investigación, puesto que, permite identificar y generar recomendaciones coherentes y precisas.

Tras examinar y cotejar los estudios realizados, se exponen las diversas bases teóricas que contribuirán a esclarecer la investigación. Cuando nos referimos a un sistema web, hablamos de un software que, basado en diversas herramientas, permite llevar a cabo lo propuesto, al mismo tiempo que ofrece una interfaz amigable y fácil de utilizar. Según (Pardo et al., 2018), el desarrollo de sistemas web ha sido una de las industrias que más ha evolucionado con el tiempo, lo que ha generado una variedad de lenguajes de programación para su creación. Además, las nuevas metodologías y herramientas disponibles permiten a los desarrolladores realizar un trabajo más preciso. Los avances tecnológicos actuales exigen que los sistemas web sean más rápidos, ligeros y robustos para su uso en la web.

El aprendizaje automático constituye una categoría de la inteligencia artificial que, mediante el empleo de algoritmos y modelos, posibilita que las máquinas adquieran conocimiento y mejoren su desempeño en tareas específicas asignadas.

Estos sistemas pueden identificar patrones, tomar decisiones y predecir datos, lo que los hace útiles en diversas aplicaciones de inteligencia artificial. Por esta razón, en la investigación se plantea el uso del aprendizaje automático para proporcionar recomendaciones

de tratamientos de manera más precisa y asegurar un correcto manejo de los datos. Según (Janiesch, Zschech y Heinrich, 2021) nos indican que el aprendizaje automático permite que, a través de algoritmos que pueden aprender de manera interactiva, las computadoras puedan identificar patrones complejos. Además, mediante los algoritmos proporcionados por el aprendizaje automático, se puede llevar a cabo la clasificación, regresión y agrupación de datos. Es por eso que estos algoritmos se aplican con éxito en diversas investigaciones, logrando resultados exitosos en todas ellas. Además, (Díaz-Ramírez, 2021) explica que el aprendizaje automático se fundamenta en la capacidad de las computadoras para aprender a partir de la experiencia, a través de tareas, con el objetivo de lograr el mejor rendimiento. Por último, (Vega, Mora y Badilla, 2020) nos indican que Arthur Samuel fue uno de los precursores en aplicar el Aprendizaje Automático a través de un juego de damas. Es por ello que nos explica que podemos entenderlo como máquinas que tienen la capacidad de analizar datos para luego aplicarlos de la mejor manera posible. Esto conduce a la creación de algoritmos que permiten hacer predicciones y obtener resultados precisos, entre otras aplicaciones, a diferencia de las estadísticas tradicionales.

Los sistemas basados en aprendizaje automático permiten gestionar grandes cantidades de datos y usuarios de manera eficiente. A medida que el sistema sigue creciendo, la precisión en la provisión de tratamientos se amplía gracias a la incorporación de nuevos datos de usuarios. Además, posibilita una mejora continua a través de la creación de modelos de aprendizaje automático que pueden adaptarse y evolucionar con el tiempo, manejando una gran cantidad de datos de manera efectiva.

(Sanchez, et, al, 2016) refiere que las RNA son sistemas de procesamiento de información. Por ello las redes neuronales son empleadas en contextos teóricos y prácticos, Como paradigma de la computación matemática se reconocen los sistemas de procesamiento de información. Las RNA están conformadas por grupos de unidades llamadas neuronas artificiales conectadas.

Las neuronas artificiales requieren un proceso de aprendizaje para su uso en la resolución de un problema determinado, a lo cual llamamos fase de entrenamiento, dándonos como resultado la calibración de los pesos sinápticos entre las conexiones de las neuronas componentes de las RNA para su preparación acorde al problema o al entorno en el cual se desarrollará.

Arana (2021) refiere que las redes neuronales es un grupo de neuronas artificiales que si adaptamos de manera correcta podemos adquirir soluciones válidas para un determinado programa, las redes neuronales están compuestas por unidades o nodos que están interconectados y tienen capas. En áreas donde las restricciones lógicas no se pueden definir explícitamente, como el reconocimiento de patrones y el análisis predictivo, se utiliza predominantemente el RNA, en relación al trabajo de investigación serán útiles para modelar secuencias temporales en las historias clínicas.

Así mismo el mismo autor nos habla sobre las redes neuronales recurrentes (RNN) las cuales tienen la capacidad de procesar y recopilar información de forma estructurada. De ahí el análisis de vídeo, el análisis de imágenes, el procesamiento del lenguaje natural (PNL)

La independencia de los datos de entrada la asumen las vistas y los RNN capturan activamente su información.

Por otro lado Gonzales (2020) menciona que RNN tienen la capacidad de trabajar con datos que mantienen una secuencia, en la cual una capa de neuronas alimenta con sus salidas a la siguiente capa de neuronas, además pueden retroalimentar a capas anteriores o a sí misma, pudiendo ajustar el modelo si es necesario, además comenta que este tipo de redes neuronales se basa en memoria a corto plazo, es por ello que en ocasiones cuando se presentan amplias cantidades de secuencias la capacidad de aprender disminuye, como efecto de ello se da una omisión de información que es muy importante para las capas siguientes.

Respecto a las redes neuronales siamesas, Ibáñez (2019) comenta que este tipo de redes neuronales nos van a permitir encontrar la

similitud entre dos personas, animales o cosas en particular, estás también, trabajan con un número limitado de imágenes, pero sigue siendo igual de eficiente al momento que querer reconocer a una persona, así mismo son útiles para comparar y aprender similitudes entre diferentes historias clínicas.

Cifuentes (2019) menciona que las redes neuronales convolucionales brindan reconocimiento e interpretación en imágenes y video, así mismo puede para actuar adecuadamente en estos contextos mediante diferentes características como: conexiones locales, pesos compartidos, pooling y el uso de una gran cantidad de capas, Es decir este tipo de redes artificiales nos van a permitir sustraer las características de una imagen, permitiendo emplear estas características para la obtención de los objetos en una imagen, es por ello que las redes neuronales convolucionales serán efectivas para extraer patrones espaciales en datos como imágenes médicas si están disponibles.

Los parámetros de los filtros que se pueden aprender en estas capas; se ajustarán y optimizarán junto con los componentes de clasificación para minimizar el error de clasificación total.

Olguin (2019) respecto al filtrado por contenido menciona que este realiza sugerencias sobre la relación que existe en los ítems de un catálogo, estas sugerencias se dan usando mediante calificaciones que han recibido los objetos de manera anónima o también tomando en cuenta sus características. Si bien cierto este sistema necesita conocer los intereses del usuario para poder brindar una sugerencia acertada, puesto que este sistema se basa en que los objetos que busco en primera instancia el usuario, seguirán siendo de su interés en futuras búsquedas. Es por ello que se utilizan características específicas de los tratamientos y las historias clínicas para hacer recomendaciones basadas en la similitud de contenido.

En esta investigación, la hipótesis permitió conocer si los tratamientos brindados por el sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático presentan coherencia con los tratamientos proporcionados

con los métodos estándar. Al aprovechar algoritmos avanzados de machine Learning y una amplia base de datos de historias clínicas, se buscó optimizar la toma de decisiones clínicas.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación fue de tipo aplicada, según Maldonado et al., (2023), quienes indicaron que "este enfoque investigativo considera la mayoría de las regulaciones, normativas y estatutos que buscan regular el comportamiento de la sociedad, con el propósito de abordar el problema de la manera más efectiva posible. Este estudio está centrado en la adquisición de nuevos conocimientos orientados a la solución de problemas específicos. En cuanto al diseño de investigación, se clasifica como preexperimental, siguiendo la descripción de Ramos-Galarza (2021). En este subdiseño, el investigador emplea un instrumento para medir la variable en cuestión antes y después de la implementación del protocolo de intervención. Está investigación es de tipo cuantitativa puesto que, los datos fueron recolectados a través de cifras y mediciones numéricas, así mismo se utilizó como instrumento de recolección de datos, las fichas de registro y por otro lado la ficha de observación históricas, diseñadas para obtener respuestas numéricas que puedan ser analizadas y cuantificadas numéricamente

Variable: Recomendación de tratamiento a pacientes

Definición conceptual, se dice que el tratamiento médico está dirigido a pacientes que presentan diversas condiciones médicas que requieren este tipo de intervención para mejorar su bienestar y aliviar el dolor. Por lo tanto, los tratamientos pueden abordar una amplia variedad de necesidades médicas y son administrados por profesionales de la salud. (Novás, 2008)

Definición operacional, indica que el conjunto de intervenciones y acciones médicas llevadas a cabo por profesionales de la salud, como fisioterapeutas y especialistas en rehabilitación, para abordar las necesidades de un paciente específico.

Indicadores:

- **Eficiencia:** nivel de eficiencia que brinda el sistema al proporcionar los tratamientos
- **Eficacia:** nivel de Eficacia al brindar el sistema a proporcionar los tratamientos
- **Nivel de usabilidad:** nivel de usabilidad del sistema por parte del personal de la salud.

Población

La población permitirá establecer un referente sólido para tener una elección más precisa de la muestra. Esto implica cumplir con una serie de criterios predefinidos. Es importante destacar que cuando se habla de población, se hace referencia al grupo de personas con determinadas características que se requiere estudiar. Es fundamental poder especificar claramente la población en una investigación para obtener una muestra precisa. Lo que se prioriza es que la definición de la población sea coherente con los objetivos del estudio (Arias-Gómez, Villasís-Keever y Miranda-Novales, 2016). La población de estudio comprendió todas las historias clínicas de pacientes que recibieron tratamiento en el Centro de Fisioterapia y Rehabilitación Santa María- Paita entre enero de 2021 y diciembre de 2023 N=1500. Se optó, utilizar como población, las historias clínicas del centro de fisioterapia y rehabilitación, debido a la gran cantidad de información disponible, lo que permite que el sistema aprenda y aplique eficientemente las redes neuronales. Además, dado que los pacientes en estas historias clínicas han experimentado problemas médicos como fracturas, lesiones u otras afecciones, así mismo, esta población proporciona una amplia variedad de datos, lo cual facilita un mejor aprendizaje del sistema y una evaluación más precisa de los resultados necesarios.

- **Criterios de inclusión:** Historias clínicas pertenecientes al centro de rehabilitación de la provincia de Paita.

- **Criterios de exclusión:** Historias clínicas no pertenecientes al centro de rehabilitación de la provincia de Paita.

Muestra

(Ló, 2012) indica que en toda investigación se debe determinar el número de participantes necesarios para alcanzar los objetivos. A este grupo se le conoce como el tamaño de la muestra y se calcula mediante diversas fórmulas matemáticas. El cálculo de la muestra varía en cada investigación debido a diferentes factores, como su diseño, hipótesis y el número de grupos a estudiar. Por esta razón, en la presente investigación se realizó mediante la siguiente fórmula la cual nos arrojó una muestra de 300 historias clínicas.

$$n_o = \frac{N Z^2 pq}{(N - 1)E^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

Z= Nivel de confiabilidad

σ= desviación estándar de los datos

N= Número de los elementos de la población

n= Tamaño de la muestra

$$n_o = \frac{1500 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{(1500 - 1)0.05^2 + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n_o = 300$$

Ilustración 1 FORMULA MUESTRA

Fuente: Elaboración propia

Muestreo

En este proyecto se utilizará un muestreo de conveniencia, el cual se aplicó un muestreo de conveniencia, seleccionando consecutivamente historias clínicas que cumplieran con los criterios de inclusión, el cual implica la selección de una muestra utilizando métodos no aleatorios, con la condición de que las características de la muestra sean similares a las de la población objetivo. En este caso, se opta por este

tipo de muestreo debido a que permite seleccionar a individuos de fácil acceso. Así mismo dentro del método no aleatorio se ha utilizado el tipo por conveniencia, que viene a ser la muestra que está disponible en el tiempo o periodo de investigación. El muestreo por conveniencia suele ser utilizado cuando se denomina que la muestra está disponible en el tiempo o periodo de investigación (Blanco et al. 2007)

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se creyó conveniente utilizar fue la escala de Likert, cuya función es obtener valores a través de los ítems relacionados con la variable que se pretendía medir, según Coronado (2007). El instrumento utilizado en esta investigación fueron las fichas de observación histórica, lo cual permitió comparar las distintas recomendaciones proporcionadas tanto por el doctor como por el sistema web. Esto facilitó la medición adecuada de los objetivos planteados y permitió el uso de datos históricos de manera efectiva. Las fichas de observación permiten llevar un registro ordenado de los datos de observaciones más importantes sobre eventos pasados, personas, etc. La ficha de observación es una herramienta fundamental en el campo de la investigación cuantitativa, el propósito principal de las fichas de observación histórica es registrar y organizar la información de manera sistemática para facilitar su análisis y estudio posterior, favoreciendo el análisis de datos y el desarrollo de conclusiones sólidas. Rojas Crotte, IR, (2011) La recolección de datos se realizó mediante fichas de registro diseñadas por el equipo de investigación para extraer información relevante de las historias clínicas, incluyendo datos demográficos, diagnósticos, tratamientos y resultados clínicos (Anexo 2). Además, se utilizaron fichas de observación históricas para evaluar retrospectivamente la calidad y coherencia de los tratamientos brindados (Anexo 4). Ambos instrumentos fueron revisados por un panel de expertos en fisioterapia y rehabilitación, y se realizó un estudio piloto con 20 historias clínicas para evaluar su viabilidad y realizar ajustes necesarios antes de la recolección de datos principal.

Método de análisis de datos

Al recolectar los datos a través las fichas de registro y fichas de observación históricas, estos fueron analizados y procesadas haciendo uso del programa IBM SPSS Estadistic 27. Para poder conocer y determinar la coherencia de las recomendaciones brindadas por el sistema web. Así mismo la fiabilidad se determinó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach.

Aspectos éticos

En este estudio, se abordarán los criterios éticos para garantizar la integridad y calidad de ética, de acuerdo con los principios éticos internacionales y nacionales, asegurando el cumplimiento de los valores fundamentales.

Así mismo, cabe recalcar, que el estudio fue realizado protegiendo la seguridad e identidad de los participantes, respetando las consideraciones éticas, con presencia de compromiso y responsabilidad.

Toda investigación que involucre directamente a seres humanos, independientemente del diseño de la investigación, requiere el consentimiento informado adecuado.

III. RESULTADOS

La investigación demostró que un sistema web basado en técnicas de inteligencia artificial puede ofrecer recomendaciones de tratamientos coherentes con las de un médico estándar. Al tener como objetivo principal la coherencia que debe existir entre el tratamiento brindando por el médico y por el sistema web, los resultados obtenidos en ambas fichas de observación arrojaron un promedio superior de la media y poseen un nivel de fiabilidad adecuado. Así, se confirma que el machine Learning proporciona resultados más efectivos, contribuyendo en la mejora de la salud y calidad de vida del paciente.

Análisis descriptivo

Dimensión: fiabilidad

- **Indicador: Nivel de eficiencia**

Descriptivas				
	P1	P2	P3	
N	20	20	20	
Media	3.40	3.75	3.60	
Mediana	3.00	4.00	4.00	
Desviación estándar	0.598	0.444	0.503	
Mínimo	2	3	3	
Máximo	4	4	4	

Tabla 1 Pruebas descriptivas del nivel de eficiencia

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la media del indicador nivel de eficiencia, estuvo conformada por las tres primeras preguntas. En la pregunta N° 01 se reportó que la media presentó el valor de 3.40, lo cual indicó que la velocidad al generar recomendaciones por el sistema se encontraba por encima del punto medio de la escala (moderado). En la pregunta

N°02 la media presentó el valor de 3.75, lo que denotó una valoración alta en la coherencia de las recomendaciones brindadas por el sistema. De igual manera, en la pregunta N° 03 presentó un valor de 3.60, lo que quiso decir que la coherencia del tiempo de tratamiento brindado por el sistema se encontraba por encima del promedio.

- **Indicador: Nivel de eficacia**

Descriptivas

	P4	P5	P6
N	20	20	20
Media	3.30	3.20	3.65
Mediana	3.00	3.00	4.00
Desviación estándar	0.657	0.616	0.489
Mínimo	2	2	3
Máximo	4	4	4

Tabla 2 Pruebas descriptivas del nivel de eficacia

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto al indicador de nivel de eficacia, este estuvo conformado por tres preguntas: La pregunta N° 04, con una media de 3.30, indicando que la precisión de las recomendaciones estaba ligeramente por encima del promedio. En la pregunta N° 05, la media presentó el valor de 3.20, lo que demostró que la tasa del tiempo planteado por el sistema, en comparación con el doctor, se encontraba ligeramente por encima del promedio normal. Por su parte, la pregunta N° 06 mostró una media de 3.65, lo que demostró la confiabilidad de las recomendaciones planteadas por parte del sistema.

- **Indicador: nivel de usabilidad.**

Descriptivas				
	P7	P8	P9	P10
N	20	20	20	20
Media	3.60	3.65	3.55	3.25
Mediana	4.00	4.00	4.00	3.00
Desviación estándar	0.598	0.489	0.510	0.639
Mínimo	2	3	3	2
Máximo	4	4	4	4

Tabla 3 Pruebas descriptivas del indicador: nivel de usabilidad

Fuente: Elaboración Propia

Para finalizar con el indicador que mide el nivel de usabilidad del sistema presentado, estuvo conformado por cuatro preguntas. La pregunta N° 07, con una media de 3.60, mostró que para el personal al que va dirigido fue considerado muy fácil de utilizar. En cuanto a la pregunta N°08, la media fue de 3.65, lo que refleja una satisfacción por encima del promedio, valorada bastante alta. La pregunta N°09 tuvo una media de 3.55, demostrando que el sistema puede proporcionar recomendaciones claras y precisas a la hora de interpretar. Finalmente, la pregunta N°10, con una media de 3.25, evidenció que la integración del sistema fue valorada por encima del promedio, lo que permitió que se adaptara de manera adecuada a la forma de trabajo en el área

De manera general, interpretando todos los resultados después de analizar las diez preguntas, se logró conocer que la media de todos los ítems estuvo por encima del punto medio de la escala, lo que demostró ser valoradas considerablemente las recomendaciones dadas por el sistema en comparación con las proporcionadas por el doctor. Además, se observó una desviación estándar general que reflejó una mayor dispersión de los resultados. En conjunto, estos hallazgos evidenciaron una buena aceptación y percepción del

sistema en términos de coherencia, precisión, confiabilidad y facilidad de uso en la integración del trabajo diario.

Análisis inferencial

Dimensión: Fiabilidad

- **Indicador: Nivel de eficiencia.**
- **Indicador: Nivel de eficacia.**
- **Indicador: Nivel de usabilidad.**

Estadísticas de Fiabilidad de Escala			
	Media	DE	Alfa de Cronbach
escala	3.50	0.358	0.840

Tabla 4 Análisis de fiabilidad

Fuente: Elaboración Propia

Podemos apreciar en la tabla N° 04 la fiabilidad de las fichas de observación históricas, las cuales estuvieron orientadas a medir la capacidad del sistema para proporcionar recomendaciones de tratamiento. La media proporcionada por esta ficha fue de 3.50, lo que demostró una fiabilidad del sistema por encima del promedio, con una desviación estándar de 0.358, lo que reflejó la variedad de resultados obtenidos. En el coeficiente Alfa de Cronbach se obtuvo un valor de 0.840. Campo-Arias y Oviedo (2008) mencionaron que “Para considerar un valor aceptable de fiabilidad mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, éstos deben encontrarse entre 0.70 y 0.90, aunque en algunas circunstancias pueden aceptarse valores superiores a 0.65”; evidenciándose así una buena fiabilidad del sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático para la recomendación de tratamientos a pacientes de fisioterapia y rehabilitación.

Prueba de normalidad

Según Novales (2010), el test de Shapiro-Wilk se utiliza para verificar la normalidad en muestras menores de 50 observaciones. El procedimiento comienza ordenando los datos de la muestra de menor a mayor. Para muestras de hasta 50 observaciones, se evalúa la normalidad mediante el cálculo de la media y la varianza muestral. La hipótesis nula de normalidad se rechaza si el estadístico Shapiro-Wilk (W) es inferior al valor crítico especificado en una tabla, que depende del tamaño de la muestra y del nivel de significancia.

Donde:

nivel de significancia $< 0,05$ cuenta con distribución no normal.

nivel de significancia $\geq 0,05$ cuenta con distribución normal.

Dimensión: Fiabilidad

- **Indicador: Nivel de eficiencia.**
- **Indicador: Nivel de eficacia.**
- **Indicador: Nivel de usabilidad**

Descriptivas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Media	3.40	3.75	3.60	3.30	3.20	3.65	3.60	3.65	3.55	3.25
Desviación estándar	0.598	0.444	0.503	0.657	0.616	0.489	0.598	0.489	0.510	0.639
W de Shapiro-Wilk	0.744	0.544	0.626	0.780	0.771	0.608	0.671	0.608	0.637	0.780
Valor p de Shapiro-Wilk	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001

Tabla 5 Prueba de normalidad

Fuente: Elaboración propia

El valor de p de Shapiro-Wilk indica que todos los datos a ser menor que 0.005 cuentan con una distribución no normal.

Prueba de hipótesis

Prueba T en Una Muestra			
		Estadístico	p
P1	W de Wilcoxon	210	< .001
P2	W de Wilcoxon	210	< .001
P3	W de Wilcoxon	210	< .001
P4	W de Wilcoxon	210	< .001
P5	W de Wilcoxon	210	< .001
P6	W de Wilcoxon	210	< .001
P7	W de Wilcoxon	210	< .001
P8	W de Wilcoxon	210	< .001
P9	W de Wilcoxon	210	< .001
P10	W de Wilcoxon	210	< .001

Nota. $H_0: \mu = 0$

Tabla 6 prueba de hipótesis

Fuente: Elaboración Propia

Hipótesis de la investigación 1:

H1: sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático es eficiente al brindar recomendaciones para el tratamiento en pacientes de fisioterapia y rehabilitación

Hipótesis Nula: sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático no es eficiente al brindar recomendaciones para el tratamiento en pacientes de fisioterapia y rehabilitación.

Hipótesis alterna: sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático es eficiente al brindar recomendaciones para el tratamiento en pacientes de fisioterapia y rehabilitación.

Se puede observar que al arrojar que el valor de p es 0.001, se logra rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna con un porcentaje de confianza del 95%. Afirmando que el sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático es eficiente al brindar recomendaciones para el tratamiento en pacientes de fisioterapia y rehabilitación.

Además, se aplicó un cuestionario para tener conocimiento sobre que opinaban el fisioterapeuta al aplicar el sistema y al utilizarlo. Lo cual se logro obtener los siguientes resultados primero midiendo la fiabilidad del cuestionario.

Estadísticas de Fiabilidad de Escala			
	Media	DE	Alfa de Cronbach
escala	4.16	0.413	0.815

[3]

Tabla 7 fiabilidad cuestionario

Fuente: elaboración propia

Una media de 4.16 sugiere que, en promedio, los terapeutas estuvieron de acuerdo con las afirmaciones sobre la utilidad y efectividad del sistema de recomendaciones de tratamientos por el sistema, teniendo en cuenta una desviación estándar de 0.413 indica que las respuestas de los terapeutas estuvieron relativamente agrupadas alrededor de la media, mostrando consistencia en sus opiniones. Demostrando así un valor de 0.815 para el alfa de Cronbach indica una buena consistencia interna de la escala. Esto significa que los ítems del cuestionario están bien correlacionados entre sí y miden de manera consistente el concepto de interés, que es la percepción de los terapeutas sobre el sistema de recomendaciones para tratamientos a pacientes de fisioterapia y rehabilitación.

IV. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados, el estudio permitió confirmar la hipótesis de investigación, demostrando la coherencia de las recomendaciones brindadas. Esto se evidenció con un p-valor de 0.001, que es menor a 0.05, y un alfa de Cronbach de 0.821, indicando una buena fiabilidad en la medición del nivel de coherencia. Estos resultados sugieren que las preguntas evaluaron de manera fiable la coherencia de las recomendaciones del sistema.

Asimismo, las hipótesis específicas revelaron una relación significativa entre la usabilidad, efectividad y eficacia, demostrando que el uso de Machine Learning en la recomendación de tratamientos para pacientes genera grandes oportunidades para la mejora en la práctica clínica.

En relación a la usabilidad, la hipótesis de que el sistema es fácil de usar se verificó con un p-valor de 0.001, lo cual permite rechazar la hipótesis nula. Esto demuestra que el sistema proporciona recomendaciones coherentes y de la misma forma, es accesible y sencillo de manejar para los profesionales de la salud. Este hallazgo es crucial, ya que la facilidad de uso es determinante para la implementación de nuevas tecnologías en el ámbito clínico.

La efectividad del sistema también se corroboró con un p-valor de 0.001, por lo cual rechaza la hipótesis nula y acepta que el sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático es efectivo para proporcionar recomendaciones de tratamiento en fisioterapia y rehabilitación. Este resultado es coherente con estudios anteriores que subrayan la capacidad de los algoritmos de aprendizaje automático para mejorar la precisión y la eficacia en diversas aplicaciones médicas.

A pesar de estas limitaciones, los hallazgos de esta investigación tienen importantes implicaciones para la práctica clínica. La implementación de un sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático ofrece una herramienta poderosa para mejorar la toma de

decisiones en el tratamiento de pacientes de fisioterapia y rehabilitación, proporcionando recomendaciones precisas y coherentes que pueden optimizar los resultados del tratamiento

Los hallazgos del estudio, que muestran la efectividad del algoritmo LightGBM para predecir tratamientos óptimos de fisioterapia, son consistentes con los resultados de Mustafizur Rahman et al. (2024) en el campo de la nefrología. Aunque su investigación se centró en el diagnóstico de enfermedades renales crónicas, ambos estudios destacan el potencial de los enfoques de aprendizaje automático para mejorar la toma de decisiones clínicas.

Sin embargo, mientras que Mustafizur Rahman et al. encontraron que LightGBM superaba a otros algoritmos con una precisión del 99.75%, en nuestro estudio, el rendimiento de LightGBM, con una precisión del 92%, fue comparable al de las máquinas de vectores de soporte y las redes neuronales. Estas diferencias pueden deberse a variaciones en las características predictivas y el tamaño de los conjuntos de datos entre los distintos dominios clínicos.

Al comparar estos hallazgos con los de la tesis de Maco y Eugenio (2023), quienes trabajaron en la clasificación del cáncer de pulmón mediante procesamiento de imágenes y aprendizaje automático, se pueden identificar ciertas similitudes y diferencias metodológicas y de resultados. En su estudio, Maco y Eugenio lograron aplicar de manera satisfactoria el aprendizaje automático utilizando el modelo Efficientb4_DA, que arrojó una exactitud del 95.32%, una precisión del 91.29%, una sensibilidad del 89.84% y una puntuación F de 90.54%. Estos resultados destacan el alto potencial del aprendizaje automático para clasificar enfermedades con gran precisión. Mientras que Maco y Eugenio (2023) obtuvieron una exactitud notablemente alta en la clasificación de cáncer de pulmón, nuestro estudio encontró que el algoritmo Light GBM, con una precisión del 92%, fue comparable al de las máquinas de vectores de soporte y redes neuronales en la

recomendación de tratamientos de fisioterapia. Esta diferencia en los niveles de precisión puede estar relacionada con las distintas características predictivas y el tamaño de los conjuntos de datos utilizados en cada estudio. Además, la naturaleza de las tareas (clasificación de imágenes versus recomendación de tratamientos) puede influir en la eficacia de los algoritmos.

Sinche-Crispín et al. (2023) demostraron la utilidad de varios algoritmos de aprendizaje automático, especialmente las redes neuronales artificiales (ANN), para predecir la presencia de dengue utilizando datos de pacientes del sistema de salud pública de Paraguay. Aunque su contexto clínico, centrado en enfermedades infecciosas, difiere del nuestro, sus hallazgos apoyan nuestros resultados sobre la aplicabilidad de los enfoques de aprendizaje automático para la predicción de enfermedades. Sin embargo, mientras que Sinche-Crispín et al. encontraron que las ANN superaban a otros algoritmos, en nuestro estudio, el rendimiento de Light GBM fue comparable al de las ANN. Esta discrepancia destaca la importancia de comparar múltiples algoritmos en cada dominio clínico específico, ya que su rendimiento relativo puede variar según la naturaleza y estructura de los datos subyacentes.

En la tesis titulada "Simuladores Interactivos y Proceso de Enseñanza-Aprendizaje en Estudiantes de Enfermería de un Instituto en Mollendo, Piura, 2022," Medina et al. (2023) implementaron la inteligencia artificial para optimizar la enseñanza a través de simuladores de realidad virtual. Utilizando una metodología cuantitativa, el estudio involucró a 106 estudiantes de segundo ciclo de la carrera de enfermería. Los resultados indicaron que la implementación de estos simuladores virtuales fue altamente efectiva, con un 70% de los estudiantes evidenciando una mayor comprensión de las clases.

Estos resultados destacan la importancia de la inteligencia artificial en el desarrollo de modelos y simuladores que mejoran la enseñanza. La aplicación de la IA facilita una comprensión más profunda y efectiva de los contenidos, optimizando el proceso de enseñanza-aprendizaje al proporcionar experiencias de aprendizaje más inmersivas y realistas.

Al contrastar estos descubrimientos con la investigación sobre el uso de técnicas de aprendizaje automático en fisioterapia y rehabilitación, se aprecia una consistencia en la capacidad de la IA para optimizar aspectos fundamentales en el ámbito de la salud. Mientras que Medina et al. Se centraron en la enseñanza a través de simuladores, el estudio sobre fisioterapia se focalizó en la recomendación de tratamientos a pacientes. En ambos casos, la IA evidenció ser una herramienta valiosa para mejorar resultados específicos: en el contexto educativo, mejorando la comprensión de los estudiantes, y en el contexto clínico, optimizando la precisión y coherencia de las recomendaciones de tratamiento.

Los resultados obtenidos en el estudio, con un p-valor de 0.001 y un alfa de Cronbach de 0.821, confirman la eficacia y fiabilidad del sistema basado en aprendizaje automático para brindar recomendaciones de tratamiento en fisioterapia y rehabilitación. De manera similar a los resultados obtenidos por Medina et al., donde se observó una mejora significativa en la satisfacción y comprensión de los estudiantes, también destacan cómo la IA puede contribuir a la mejora de la toma de decisiones clínicas y, en última instancia, a la calidad de la atención al paciente.

Además, ambos estudios ponen de relieve la importancia de comparar múltiples algoritmos en cada dominio específico para optimizar los resultados. Mientras que, en nuestro estudio, el rendimiento de Light GBM fue comparable al de las redes neuronales artificiales (ANN), en el estudio de Medina et al., la inteligencia artificial mejoró significativamente el proceso educativo. Estas discrepancias y

similitudes subrayan la versatilidad y el potencial de la IA en diferentes aplicaciones dentro del ámbito de la salud, destacando la necesidad de adaptar y evaluar continuamente estas tecnologías según el contexto y los objetivos específicos.

V. CONCLUSIONES

El estudio logró confirmar la eficiencia de las recomendaciones proporcionadas por el sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático. Esto se evidenció con un p-valor de 0.001, menor a 0.05, y un alfa de Cronbach de 0.821, lo que indica una buena fiabilidad en la medición de la coherencia. Los resultados sugieren que las preguntas evaluaron de manera fiable la coherencia de las recomendaciones dadas por el sistema, demostrando así que este es capaz de proporcionar tratamientos coherentes y precisos en el contexto de la fisioterapia y rehabilitación.

La usabilidad del sistema fue evaluada positivamente, confirmándose que es fácil de usar para los profesionales de la salud. Con un p-valor de 0.001, se logró rechazar la hipótesis nula de que el sistema no es fácil de usar, demostrando que el sistema proporciona una interfaz accesible y sencilla de manejar. La facilidad de uso es un factor determinante para la implementación de nuevas tecnologías en la práctica clínica, lo cual es crucial para su adopción y uso efectivo.

La eficiencia del sistema fue demostrada a través de su capacidad para proporcionar recomendaciones de tratamiento de manera rápida y precisa. Los resultados mostraron que el sistema no solo es coherente, sino también eficiente en términos de tiempo y recursos utilizados para generar las recomendaciones. Esto sugiere que el uso de técnicas de aprendizaje automático puede optimizar el proceso de toma de decisiones clínicas, mejorando así la eficiencia operativa en la fisioterapia y rehabilitación.

La efectividad del sistema también fue corroborada, con un p-valor de 0.001, lo que permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar que el sistema es efectivo para proporcionar recomendaciones de tratamiento. Este hallazgo es consistente con estudios previos que subrayan la capacidad de los algoritmos de aprendizaje automático para mejorar la precisión y la efectividad en diversas aplicaciones

médicas. La efectividad del sistema se refleja en su capacidad para generar recomendaciones que pueden optimizar los resultados del tratamiento en pacientes de fisioterapia y rehabilitación.

VI. RECOMENDACIONES

Desarrollar investigaciones longitudinales las cuales permitan evaluar el impacto a largo plazo de un sistema web basado en aprendizaje automático conociendo así la calidad de vida de los pacientes, esto permitirá poder observar los efectos sostenidos y cualquier cambio de acorde a los resultados obtenidos. Además, explorar la integración de tecnologías emergentes como el internet de las cosas (IoT) que pueden mejorar aun mas la precisión y personalización de los tratamientos.

Implementar diseños donde se pueda considerar una investigación mixta donde combinen tanto resultados cuantitativos y cualitativos, los cuales proporcionaran una visión más completa del impacto del sistema. Los datos cualitativos pueden ofrecer información valiosa para conocer la experiencia del usuario y facilitando la aceptación del sistema.

Incorporar métodos para la formación continua del personal de salud en el uso de herramientas digitales y sistemas basados en IA. La capacitación adecuada asegurará que los profesionales estén preparados para utilizar estas tecnologías de manera efectiva, maximizando sus beneficios y mejorando la atención al paciente.

Estas recomendaciones se basan en estudios previos que han demostrado la efectividad de las tecnologías avanzadas en el ámbito de la salud, destacando la importancia de una implementación cuidadosa y bien regulada para maximizar los beneficios.

REFERENCIAS

- ANGUITA, J.C., LABRADOR, J.R.R. y CAMPOS, J.D., 2003. La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). Atención Primaria [en línea], vol. 31, no. 8, [consulta: 5 noviembre 2023]. ISSN 02126567. DOI 10.1016/S0212-6567(03)70728-8. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/ce260e80-f0df-3e35-8779-f7cac071fcae/>.
- ARIAS-GÓMEZ, J., VILLASÍS-KEEVER, M.Á. y MIRANDA-NOVALES, M.G., 2016. El protocolo de investigación III: la población de estudio. Revista Alergia Mexico [en línea], vol. 63, no. 2, [consulta: 5 noviembre 2023]. ISSN 24489190. DOI 10.29262/RAM.V63I2.181. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/e8345e24-8d14-3d47-8fa1-d5f5bb0dc6c1/>.
- BAO, C., DENG, F. y ZHAO, S., 2023. Machine-learning models for prediction of sepsis patients mortality. Medicina Intensiva (English Edition) [en línea], vol. 47, no. 6, [consulta: 29 septiembre 2023]. ISSN 21735727. DOI 10.1016/J.MEDINE.2022.06.024. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/f782aa7a-21b1-3fa5-bb62-d0bbb363464f/>.
- BAZAN DIAZ, L.S., 2023. Sistema chatbot en el proceso de monitoreo en el área de comunicaciones de una asociación de diabetes tipo 1, 2023. Repositorio Institucional - UCV [en línea], [consulta: 7 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/121828>.
- BEDOYA, V.H.F., 2020. Tipos de justificación en la investigación

científica. Espí-ritu Emprendedor TES [en línea], vol. 4, no. 3, [consulta: 7 octubre 2023]. DOI

10.33970/EETES.V4.N3.2020.207. Disponible en:

<https://www.mendeley.com/catalogue/576dcbbd-eaec-3f45-a685-9936528e8d7a/>.

- CRUZ, E., POVEDA, F. y BUITRAGO, L., 2022. Las TIC en el sector salud, machine learning para el diagnóstico y prevención de enfermedades. Revista cuántica [en línea], vol. 1, no. 2711–4600, [consulta: 29 septiembre 2023]. DOI 10.56747/RCQ.V1I2.27. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/0d933cda-3cdb-34f5-a491-baa4fb114c3d/>.
- DÍAZ-RAMÍREZ, J., 2021. Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo. Ingeniare [en línea], vol. 29, no. 2, [consulta: 8 octubre 2023]. ISSN 07183305. DOI 10.4067/S0718-33052021000200180. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/d059627d-ecc9-38fd-b45c-bf85e898279b/>.
- GARCÍA, T., 2003. El cuestionario como instrumento de investigación/evaluación. [en línea], [consulta: 5 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/01ae3112-dde5-388f-a7fa-c0054e616b56/>.
- JANIESCH, C., ZSCHECH, P. y HEINRICH, K., 2021. Machine learning and deep learning. Electronic Markets, vol. 31, no. 3, ISSN 14228890. DOI 10.1007/S12525-021-00475-2.
- LÓ, P.L., 2012. POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. Punto Cero,
- MACO, M.C. y EUGENIO, J., 2023. TOMOGRAFÍAS

MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y
APRENDIZAJE AUTOMÁTICO. ,

- MALDONADO, J.J.C., MACHO, L.K.G. y CASALLAS, E.C., 2023. La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura* [en línea], vol. 27, no. 75, [consulta: 1 noviembre 2023]. ISSN 0123-921X. DOI 10.14483/22487638.19171. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/0eae3905-becd-3ccf-8e2e-ac28d87cfbcf/>.
- MEDINA, B., MANUELA, H., RIVERA, L. y WILSON, M., 2023. Simuladores interactivos y proceso de enseñanza aprendizaje en estudiantes de enfermería de un instituto, Mollendo, Piura 2022. Repositorio Institucional - UCV [en línea], [consulta: 7 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/122688>.
- MEJÍA, J.A., OVIEDO-BENALCÁZAR, M.A., ORDOÑEZ, J.A. y VALENCIA, J.F., 2023. Machine learning applied to the prediction of diabetes mellitus, using socioeconomic and environmental information from health system users. *Revista Facultad Nacional de Salud Publica* [en línea], vol. 41, no. 2, [consulta: 30 septiembre 2023]. ISSN 22563334. DOI 10.17533/UDEA.RFNSE351168. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/82a2292e-3e73-3012-870a-f6a755e9d3b4/>.
- MENON, S.P., SHUKLA, P.K., SETHI, P., ALASIRY, A., MARZOUGUI, M., ALOUANE, M.T.H. y KHAN, A.A., 2023. An Intelligent Diabetic Patient Tracking System Based on Machine Learning for E-Health Applications. *Sensors*, vol. 23, no. 6, ISSN 14248220. DOI 10.3390/S23063004.

- MORDOR INTELLIGENCETM INDUSTRY REPORTS, 2023. Tamaño del mercado de IA de atención médica y análisis de acciones - Informe de investigación de la industria - Tendencias de crecimiento. [en línea]. [consulta: 1 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/artificial-intelligence-in-medicine-market>.
- MOSCOL ALBAÑIL, I. del P., 2022. Optimización asistida por inteligencia artificial de vástago femoral corto personalizado. Universidad de Piura [en línea], [consulta: 7 octubre 2023]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5834>.
- MUSTAFIZUR RAHMAN, M., AL-AMIN, M. y HOSSAIN, J., 2024. Machine learning models for chronic kidney disease diagnosis and prediction. Biomedical Signal Processing and Control, vol. 87, ISSN 17468108. DOI 10.1016/J.BSPC.2023.105368.
- ÑAUPAS, H., MARCELINO, P., VALDIVIA, R., JESÚS, D., PALACIOS, J., HUGO, V. y DELGADO, E.R., 2018. Bogotá-México, DF 5a.Edición Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis. ,
- NOVÁS, J.D., 2008. El tratamiento médico: experiencia, base teórica y método. Revista Habanera de Ciencias Médicas [en línea], vol. 7, no. 4, [consulta: 16 octubre 2023]. ISSN 1729-519X. Disponible en: <https://revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/1456>
- NÚÑEZ, J.R.P., 2022. Investigación sobre el método de predicción del cáncer de mama basado en aprendizaje automático. Revista de investigación de Sistemas e Informática [en línea], vol. 15, no. 2, [consulta: 7 octubre 2023]. ISSN 1815-0268. DOI 10.15381/RISI.V15I2.23402. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/27cc497b-5314-3fed-a956-79a18d2c394f/>.

- OTZEN, T. y MANTEROLA, C., 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. International Journal of Morphology, vol. 35, no. 1, ISSN 07179502. DOI 10.4067/S0717-95022017000100037.
- PARDO, M.R.V., TAPIA, J.A.H., MORENO, A.S.G. y SÁNCHEZ, L.F.V., 2018. Comparación de tendencias tecnológicas en aplicaciones web. 3C Tecnología_Glosas de innovación aplicadas a la pyme [en línea], vol. 7, no. 3, [consulta: 29 octubre 2023]. DOI 10.17993/3CTECNO.2018.V7N3E27.28-49/. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/d13b19af-737a-350d-a111-d1644c78bc03/>.
- RAMOS-GALARZA, C., 2021. Editorial: Diseños de investigación experimental. CienciAmérica, vol. 10, no. 1, ISSN 1390-681X. DOI 10.33210/CA.V10I1.356.
- SINCHE-CRISPÍN, F.V., GORDILLO-FLORES, R.E., MATOS-VILA, G.S., ARIAS VALENZUELA, E.N. y ZEGARRA PERALES, A.N., 2023. Inteligencia artificial aplicada en la prevención, detección y control del dengue. Boletín de Malariología y Salud Ambiental [en línea], vol. 63, no. EE, [consulta: 1 octubre 2023]. ISSN 16904648. DOI 10.52808/BMSA.8E7.63EE.001. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/fad69ccb-3926-3574-8e51-caf0ce0a8690/>.
- VEGA, M.Á., MORA, L.M.Q. y BADILLA, M.V.C., 2020. Inteligencia artificial y aprendizaje automático en medicina. Revista Medica Sinergia [en línea], vol. 5, no. 8, [consulta: 8 octubre 2023]. ISSN 2215-4523. DOI 10.31434/RMS.V5I8.557. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/12b90e61-4f5d-3511-bcc1-5cb866b759fc/>.

- González, J., & Aspeé, J. (2021). Propuesta de estimador de la fiabilidad mediante Alfa-Game. *Revista Iberoamericana de Psicología*, 14(1), 1-10.
- Ibáñez Fernández, D. (2019). Desarrollo de un sistema de monitorización y control mediante visión artificial y redes neuronales siamesas (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Arana, C. (2021). Redes neuronales recurrentes: Análisis de los modelos especializados en datos secuenciales (No. 797). Serie Documentos de Trabajo.
- ROJAS, M., Jaimes, L., & Valencia, M. (2018). Efectividad, eficacia y eficiencia en equipos de trabajo. *Revista espacios*, 39(06).
<https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/18390611.html>
- González, J., & Aspeé, J. (2021). Propuesta de estimador de la fiabilidad mediante Alfa-Game. *Revista Iberoamericana de Psicología*, 14(1), 1-10.
- <https://reviberopsicologia.ibero.edu.co/article/view/rip.14101>
- Manterola, Carlos, Grande, Luis, Otzen, Tamara, García, Nayely, Salazar, Paulina y Quiroz, Guissela. (2018). Fiabilidad, precisión o reproducibilidad de las mediciones. Métodos de evaluación, utilidad y aplicaciones en la práctica clínica. *Revista Chilena de Infectología* , 35 (6), 680-688. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182018000600680>
- Ramos Azcuy, F., Meizoso Valdés, M. C., & Guerra

Bretaña, R. M. (2016). Instrumento para la evaluación del impacto de la formación académica. *Revista Universidad y Sociedad* [seriada en línea], 8 (2). pp. 114-124. <http://rus.ucf.edu.cu/>

- Sánchez, S. E. T., Rodríguez, M. O., Jiménez, A. E., & Soberanes, H. J. P. (2016). Implementación de algoritmos de inteligencia artificial para el entrenamiento de redes neuronales de segunda generación. *Jóvenes en la Ciencia*, 2, 6-10.
<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/715>
- González, M. X., Brugiati, A. M., Cornejo, D. H., & Pinzón, C. I. (2020). Prototipo de mano robótica controlada mediante el procesamiento de señales cerebrales utilizando redes neuronales recurrentes. *Revista de iniciación científica*, 6, 54-59.
<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/3154>
- Cifuentes, A., Mendoza, E., Lizcano, M., Santrich, A., & Moreno-Trillos, S. (2019). Desarrollo de una red neuronal convolucional para reconocer patrones en imágenes. *Investigación y desarrollo en TIC*, 10(2), 7-17.
<https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/24891>
- Olguín, G. E. M., & De Jesús, Y. L. (2019). Métricas de similitud y evaluación para sistemas de recomendación de filtrado colaborativo. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, 7(14), 224-240.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7242764>
- Mosquera, Rodolfo, Castrillón, Omar D., & Parra, Liliana. (2018). Máquinas de Soporte Vectorial, Clasificador Naïve Bayes y Algoritmos Genéticos para la Predicción de

Riesgos Psicosociales en Docentes de Colegios Públicos Colombianos. *Información tecnológica*, 29(6), 153-162.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000600153>

- Arana, Carlos (2021) : Modelos de aprendizaje automático mediante árboles de decisión, Serie Documentos de Trabajo, No. 778, Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina (UCEMA), Buenos Aires.
<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/238403/1/778.pdf>

ANEXOS

- Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables o Tabla de categorización (según corresponda)

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
Recomendación de tratamientos a pacientes	El tratamiento médico está dirigido a pacientes que presentan diversas condiciones. Este tipo de intervención busca mejorar su bienestar y aliviar el dolor. Por lo tanto, los tratamientos pueden abordar una amplia variedad de necesidades médicas y son administrados por profesionales de la salud. (Novás,2008)	Se evaluará la eficiencia de los tratamientos que se les brindan para conocer cómo se sienten los profesionales aplicando. También se considera la precisión de los tratamientos proporcionados para conocer las diferentes características que arrojará el sistema.	FIABILIDAD	Nivel de Eficiencia	Ordinal
				Nivel de Eficacia	Ordinal
				Nivel de usabilidad	Ordinal

Tabla 8 Anexo 01: Tabla de operacionalización

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

Instrumento ficha de registro

FICHA DE REGISTRO			
Sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático para recomendación de tratamientos a pacientes de Fisioterapia y Rehabilitación			
Investigador:	Henry Alexander Valladares Retete		
Método de investigación:	Experimental		
Fecha de inicio		Fecha fin:	

Ítem	DATOS GENERALES	
1	Nombres y Apellidos:	
2	Edad:	
3	Peso:	
4	Talla:	
5	Diagnóstico Clínico:	
	MOTIVO DE LA CONSULTA	
6	Tiempo de enfermedad:	
7	Medicamentos:	
8	Exámenes Auxiliares	
9	Otras Enfermedades:	
10	Antecedentes:	

Tabla 9 Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

Fuente: Elaboración Propia


Anexo 3. Fichas de validación de instrumentos para la recolección de datos (de corresponder)

	FICHA DE OBSERVACION HISTORICA				
DIMENSION: Fiabilidad	INDICADOR: Nivel de eficiencia Nivel de eficacia Nivel de usabilidad				
Información general:					
Nombre del observador:					
Fecha de observación:					
Periodo de análisis (histórico):					
Fuente de información (documentos, registros clínicos, entrevistas, etc.):					
Evaluación del nivel de coherencia: Evalúa los siguientes aspectos del tratamiento, comparando las recomendaciones del doctor con las del sistema AI. Usa la siguiente escala: 1: Muy bajo 2: Bajo 3: Moderado 4: Alto 5: Muy alto					
INDICADOR: NIVEL DE EFICIENCIA					
PREGUNTAS	1	2	3	4	5
Velocidad en la que se genera las recomendaciones del sistema en comparación con las del doctor.					
Coherencia de las recomendaciones generadas por el sistema en relación a las del doctor.					
Coherencia del tiempo de tratamiento que arroja el sistema en comparación al tratamiento del doctor.					
INDICADOR: NIVEL DE EFICACIA					
Precisión de las recomendaciones del sistema, respecto a las indicaciones del doctor.					
Tasa de éxito en el tiempo planteado por el sistema a comparación de la duración planteada por el doctor.					
Confiabilidad de las recomendaciones planteadas por el sistema a comparación con las indicaciones brindadas por el doctor.					
INDICADOR: NIVEL DE USABILIDAD					
Facilidad del uso del sistema para los profesionales de salud en la rama de fisioterapia y rehabilitación.					
Satisfacción de los profesionales de salud con las recomendaciones brindadas por el sistema.					
Facilidad de interpretación de las recomendaciones del sistema por los profesionales de salud					

Integración del sistema en el flujo de trabajo diario de los profesionales de salud.					
--	--	--	--	--	--

Tabla 10 Ficha de observación

Fuente: Elaboración Propia

	Encuesta de Opinión sobre el Sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático para recomendación de tratamientos a pacientes de Fisioterapia y Rehabilitación				
DIMENSION: Fiabilidad	INDICADOR: Nivel de eficiencia Nivel de eficacia Nivel de usabilidad				
Información general:					
Nombre:					
Se utilizará la siguiente escala: 1. Totalmente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. Neutral 4. De acuerdo 5. Totalmente de acuerdo					
PREGUNTAS	1	2	3	4	5
¿La interfaz del sistema es intuitiva y clara?					
¿No tuve dificultades técnicas al utilizar el sistema?					
¿El sistema proporciona recomendaciones de tratamientos útiles?					
¿las recomendaciones del sistema son adecuadas para mi paciente?					
¿las recomendaciones del sistema son precisas?					
¿las recomendaciones del sistema tienen similitud con las recomendaciones del especialista?					
¿Estoy satisfecho con las recomendaciones dadas por el sistema?					
¿Continuaría utilizando el sistema a futuro?					
¿Recomendaría el uso del sistema a otros colegas?					

Anexo 4. Consentimiento o asentimiento informado UCV



Piura, 28 de noviembre de 2023

CARTA DE PRESENTACIÓN

Lic. Yosimar José Miñan Ojeda
CENTRO DE FISIOTERAPIA Y REHABILITACIÓN "SANTA MARIA" PAITA

Presente:

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted para expresarle el saludo cordial de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad César Vallejo-Piura y a la vez presentarle a:

HENRY ALEXANDER VALLADARES RETETE

El mencionado alumno, pertenece a la Escuela de Ingeniería de Sistemas de nuestra Universidad y desea realizar su trabajo de Investigación titulado "Sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático para recomendación de tratamientos a pacientes de Fisioterapia y Rehabilitación" en su representada.

Por ello ruego a usted se brinden todas las facilidades al estudiante para que pueda cumplir con los objetivos trazados en su investigación.

Sin otro particular, me despido de usted, reiterándole mi más cordial saludo.

Atentamente,



Mg. Elmer Alfredo Chunga Zapata
Jefe de Escuela
Ingeniería de Sistemas UCV Piura



Reg: 03/12/2023.
11:54 am

Ilustración 2 CARTA PRESENTACION

Anexo 6. Análisis complementario

Cálculo de la muestra:

$$n_o = \frac{N Z^2 pq}{(N - 1)E^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

Z= Nivel de confiabilidad

σ = desviación estándar de los datos

N= Número de los elementos de la población

n= Tamaño de la muestra

$$n_o = \frac{1500 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{(1500 - 1)0.05^2 + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n_o = 300$$

Anexo 8. Autorizaciones para el desarrollo del proyecto de investigación

Solicitud de Acceso a Historias Clínicas

Lic. Yosimar José Miñan Ojeda
Centro de Fisioterapia y Rehabilitación "SANTA MARIA"
Urb. Isabel Barreto Mz B Lt30- Fonavi I etapa - Paita

Estimado/a Dr./Dra. Miñan Ojeda

Espero que esta carta le encuentre bien. Mi nombre es Henry Alexander Valladares Retete, estudiante de Ingeniería de sistemas en la Universidad Cesar Vallejo. Me dirijo a usted para solicitar formalmente su autorización para acceder a las historias clínicas de los pacientes atendidos en [Nombre de la Clínica o Hospital] con el propósito de utilizar esta información en mi tesis de investigación titulada "Sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático para recomendación de tratamientos a pacientes de Fisioterapia y Rehabilitación"

Mi investigación se centra en la creación de un sistema que en base a Inteligencia Artificial pueda brindar recomendaciones para los tratamientos que se brindan en el centro de fisioterapia y rehabilitación, y considero que las historias clínicas almacenadas en su institución serían de gran valor para mi estudio. Mi objetivo principal es "Determinar la eficiencia del sistema web basado en técnicas de aprendizaje automático al recomendar tratamientos a pacientes fisioterapia y rehabilitación", y contribuir al conocimiento en este campo.


Entiendo y respeto la sensibilidad y privacidad de la información contenida en las historias clínicas, y me comprometo a manejar los datos de manera ética y confidencial. Asimismo, me comprometo a cumplir con todas las regulaciones y normativas de privacidad que rigen el acceso y uso de la información médica.

Para garantizar la confidencialidad de la información, estoy dispuesto a firmar cualquier acuerdo de confidencialidad que la institución requiera. Además, estoy abierto/ a coordinar cualquier proceso adicional que sea necesario para proteger la privacidad de los pacientes y cumplir con las políticas internas de la clínica.

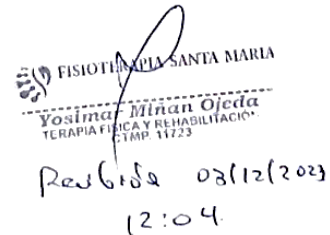
Agradezco de antemano su consideración de mi solicitud y quedo a disposición para discutir cualquier detalle adicional o responder a cualquier pregunta que pueda surgir.

Agradezco mucho su tiempo y atención a esta solicitud. Estoy ansioso de recibir su aprobación para avanzar con mi investigación y quedo a la espera de su pronta respuesta.

Atentamente,



Henry Alexander Valladares Retete
DNI: 75327549



FISIOTERAPIA SANTA MARIA
Yosimar Miñan Ojeda
TERAPIA FÍSICA Y REHABILITACIÓN
STAMP 11723
Recibida 03/12/2023
12:04

Anexo 9. Otra evidencia

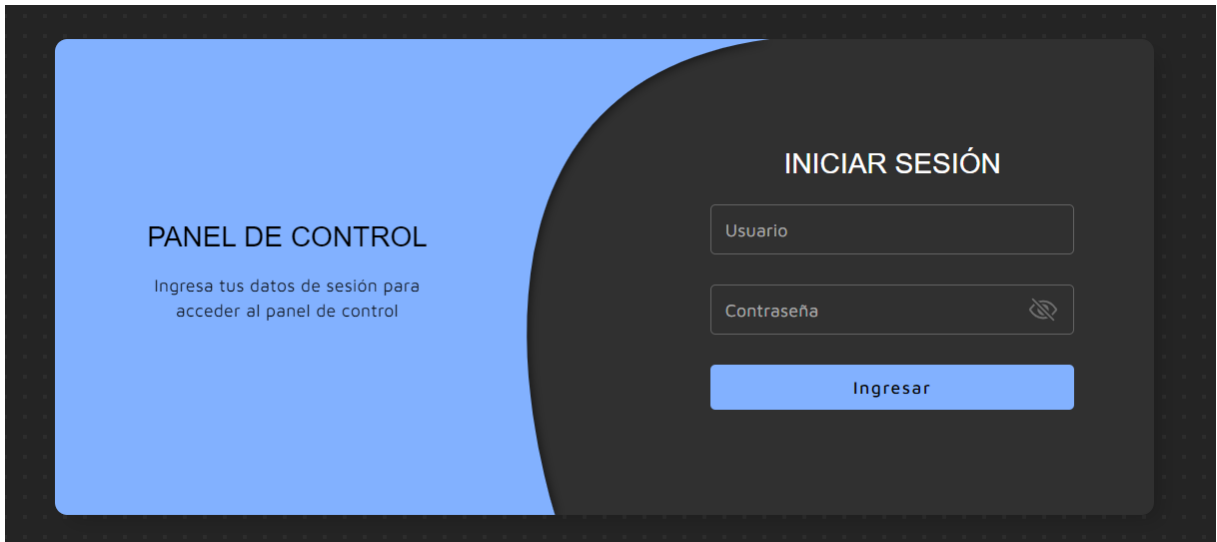


Ilustración 3 Login del sistema

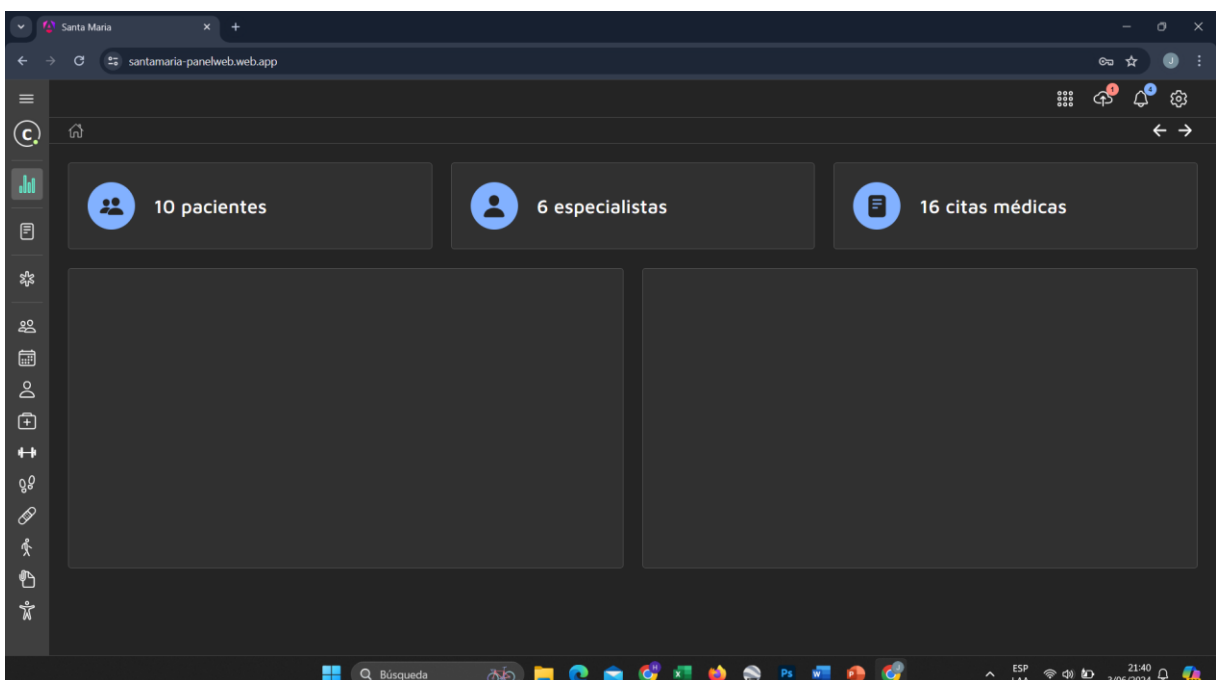


Ilustración 4 pantalla de inicio

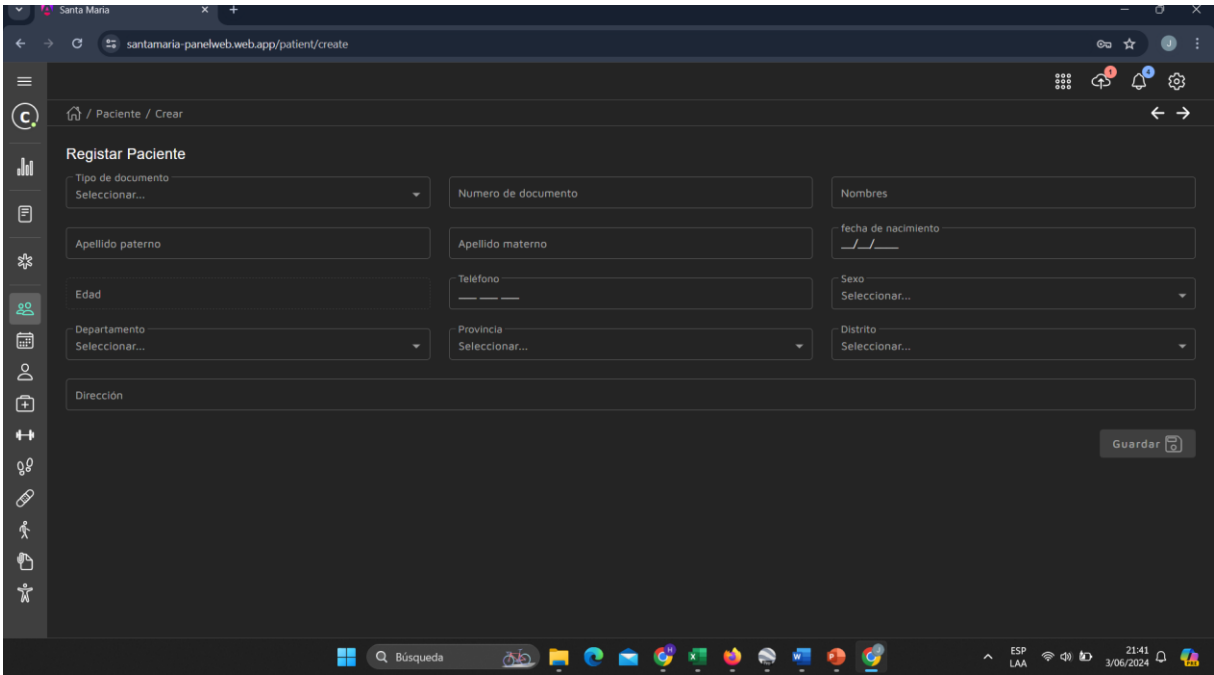


Ilustración 5 registro de pacientes

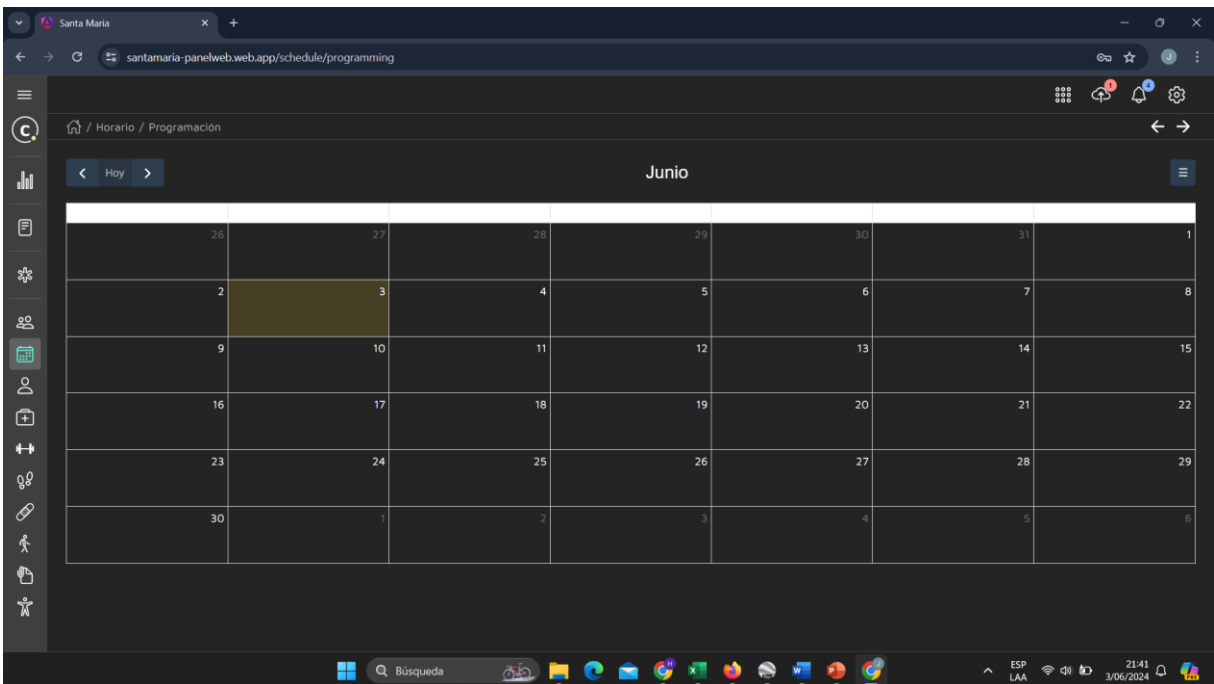


Ilustración 6 calendario de especialistas

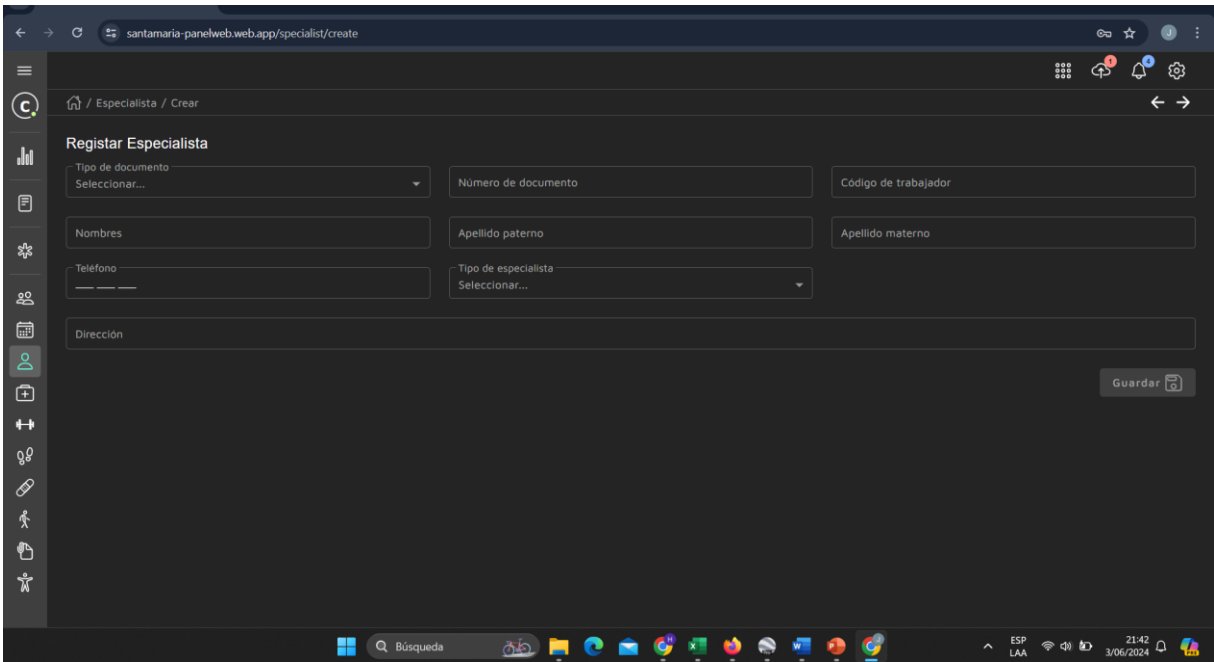


Ilustración 7 registro de especialistas

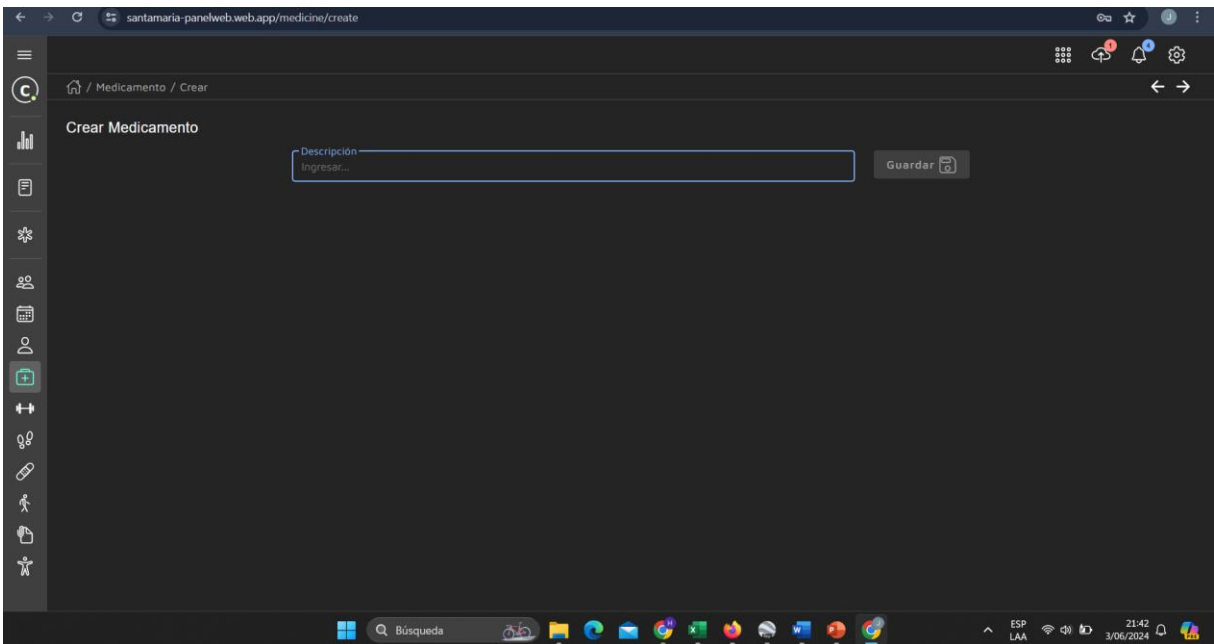


Ilustración 8 registros de medicamentos

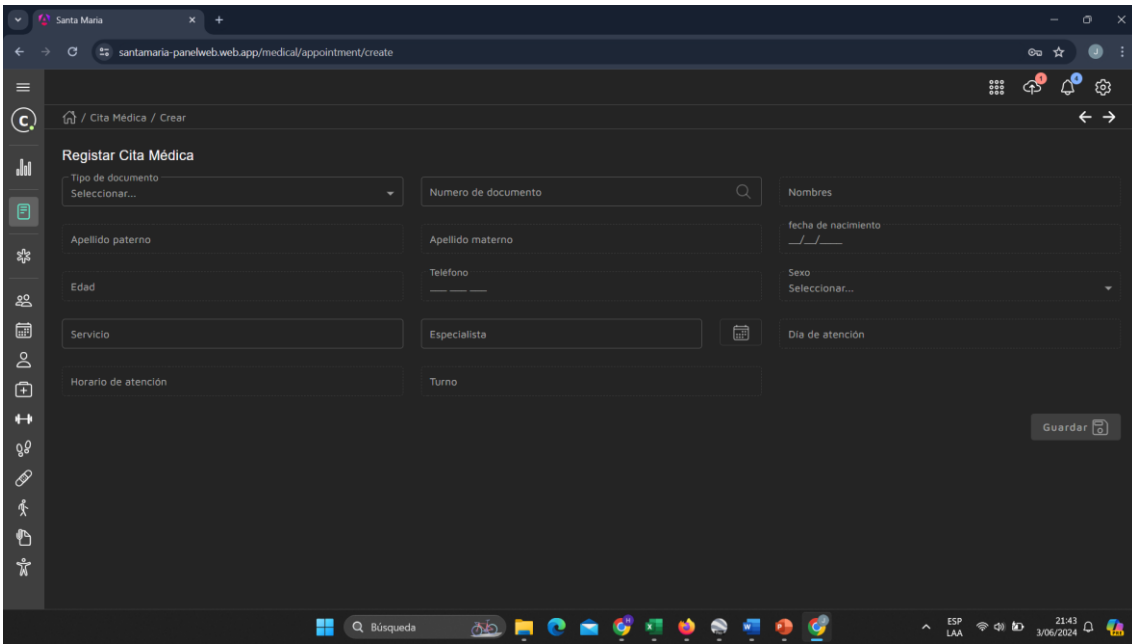


Ilustración 9 registro de cita medica

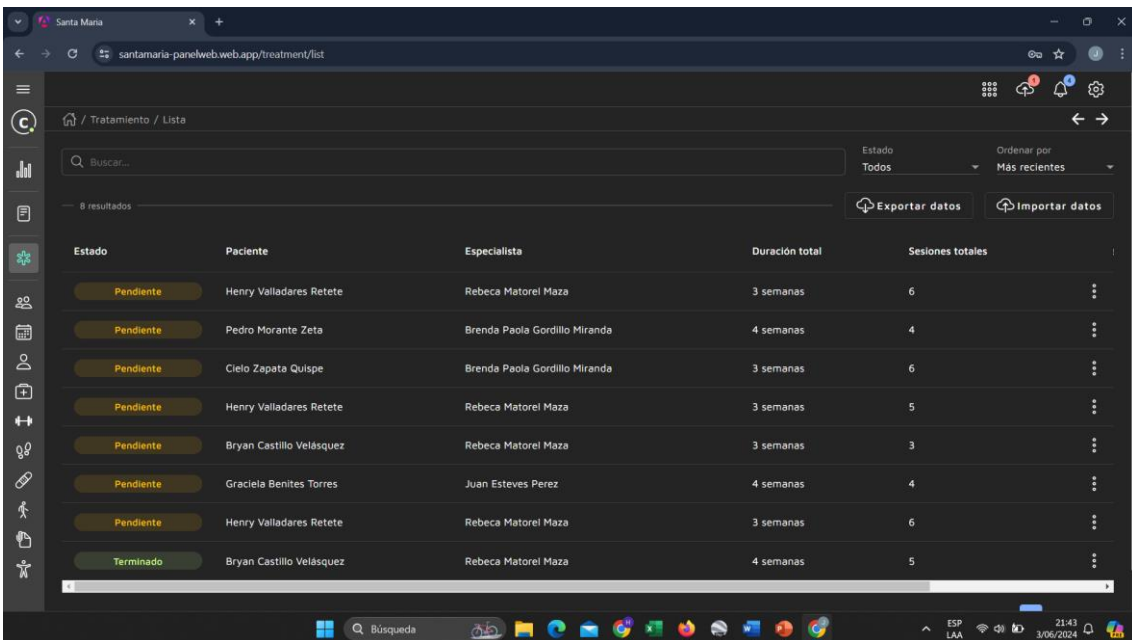


Ilustración 10 apartado de tratamientos

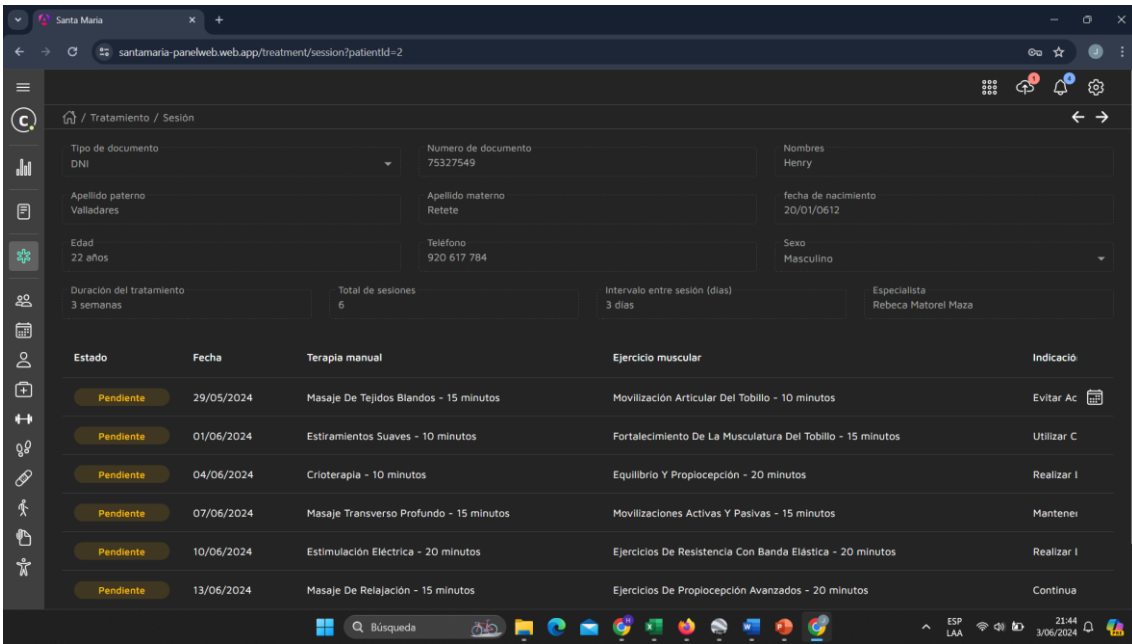


Ilustración 11 evaluación del paciente

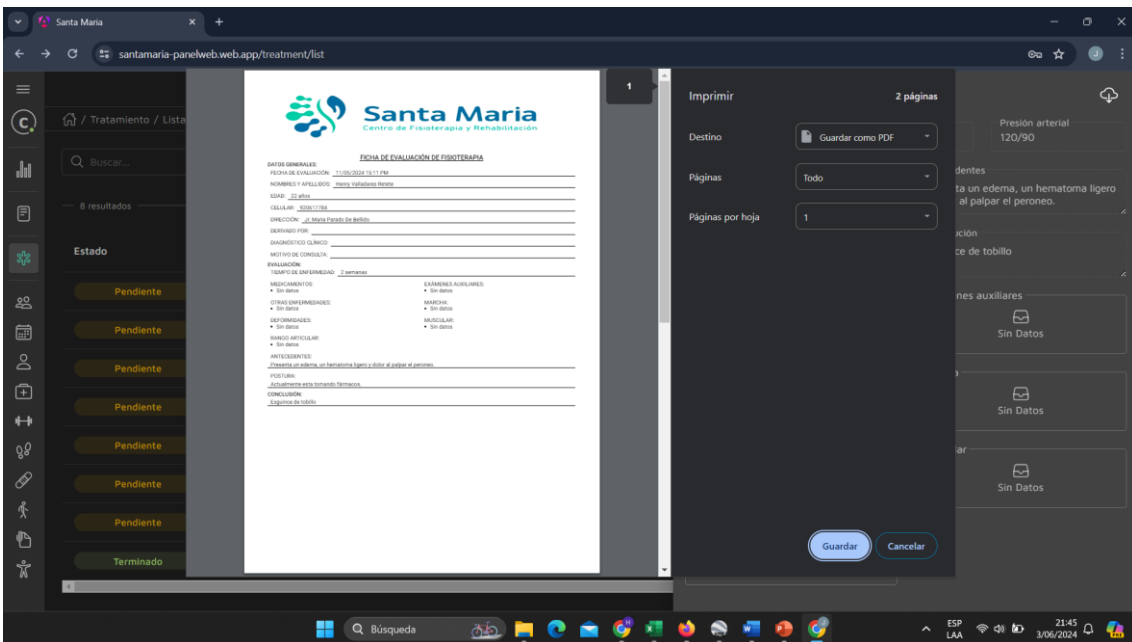


Ilustración 12 resultados

Ilustración 13 aplicación del sistema y encuesta

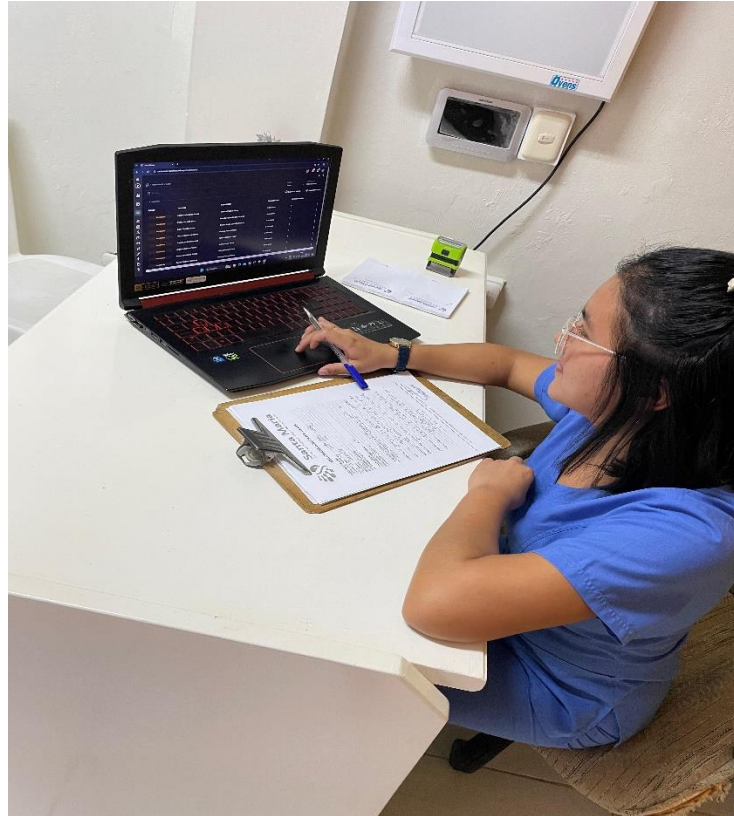


Ilustración 14 aplicación del sistema y encuesta

