

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



**Sistema experto para ayudar a la detección de las enfermedades
cardiovasculares más comunes en la provincia de Ferreñafe**

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

AUTOR

Alonso Jeremy Villalobos Romero

ASESOR

William Alfredo Noblecilla Vincés

<https://orcid.org/0000-0003-0283-9080>

Chiclayo, 2025

**Sistema experto para ayudar a la detección de las enfermedades
cardiovasculares más comunes en la provincia de Ferreñafe**

PRESENTADA POR

Alonso Jeremy Villalobos Romero

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

Miguel Diaz Espino
PRESIDENTE

Ricardo David Iman Espinoza
SECRETARIO

William Alfredo Noblecilla Vincas
VOCAL

Dedicatoria

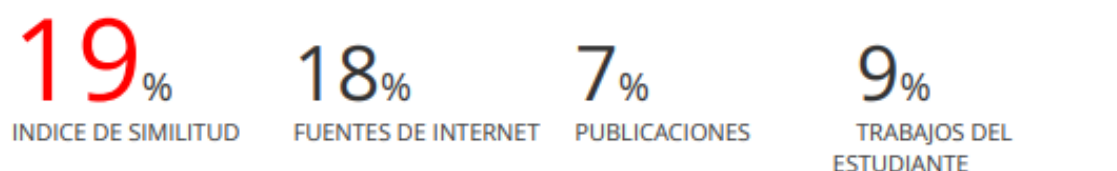
Este trabajo está dedicado a mis padres, quienes con su amor, sacrificio y ejemplo han sido la guía y la fuerza en cada paso de mi camino. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y por siempre creer en mí.

Agradecimientos

A mis padres y familiares por su apoyo constante.

Sistema experto para ayudar a la detección de las enfermedades cardiovasculares más comunes en la provincia de Ferreñafe

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unbosque.edu.co Fuente de Internet	1%
6	revistas.uptc.edu.co Fuente de Internet	1%
7	www.risti.xyz Fuente de Internet	1%
8	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Revisión de literatura	10
Materiales y métodos	11
Resultados y discusión	13
Conclusiones	21
Recomendaciones.....	21
Referencias	22
Anexos.....	26

Resumen

Este trabajo se centra en el desarrollo de un sistema experto diseñado para asistir en la detección de enfermedades cardiovasculares mediante el análisis de electrocardiogramas. Utilizando la metodología de ingeniería del conocimiento de John Durkin, se establecieron varios objetivos específicos: determinar la arquitectura tecnológica adecuada que soporte de manera efectiva el sistema, definir un algoritmo óptimo para el reconocimiento de patrones en los electrocardiogramas y validar la eficiencia del sistema. Los resultados obtenidos de cada uno de estos objetivos específicos demostraron que la arquitectura seleccionada proporciona la estabilidad y escalabilidad necesarias para el funcionamiento del sistema en un entorno real. Además, el algoritmo desarrollado para el reconocimiento de patrones mostró una alta precisión de 93.75% en la identificación de indicadores potenciales de enfermedades cardiovasculares, lo cual fue corroborado por la validación a través del cuestionario TAM, que confirmó la eficacia y la aceptación del sistema entre los usuarios finales con un 4.6%. Estos hallazgos destacan la viabilidad del sistema experto como una herramienta valiosa en el ámbito de la salud cardiovascular.

Palabras clave: Sistemas expertos, Redes neuronales convolucionales, Diagnóstico cardiovascular, Electrocardiograma, Análisis de patrones, Tecnología en salud.

Abstract

This work focuses on the development of an expert system designed to assist in the detection of cardiovascular diseases through the analysis of electrocardiograms. Using John Durkin's knowledge engineering methodology, several specific objectives were established: to determine the appropriate technological architecture that effectively supports the system, to define an optimal algorithm for pattern recognition in electrocardiograms, and to validate the efficiency of the system. The results obtained from each of these specific objectives demonstrated that the selected architecture provides the stability and scalability necessary for system operation in a real environment. In addition, the algorithm developed for pattern recognition showed high accuracy of 93.75% in identifying potential indicators of cardiovascular disease, which was corroborated by validation through the TAM questionnaire, which confirmed the efficiency and acceptance of the system among end users with 4.6%. These findings highlight the viability of the expert system as a valuable tool in the field of cardiovascular health.

Keywords: Expert systems, Convolutional neural networks, Cardiovascular diagnostics, Electrocardiogram, Pattern analysis, Health Technology.

Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las enfermedades cardiovasculares son un problema potencialmente mortal en todo el mundo, cobrando anualmente un aproximado de 17,9 millones de vidas que representaría el 16% del total de muertes en general [2]. Estas enfermedades son un grupo de patologías que afectan principalmente al corazón y también a los vasos sanguíneos, donde entre ellas podemos destacar: la hipertensión arterial, las arritmias cardíacas, las insuficiencias cardíacas, las arteriopatías coronarias y las enfermedades cerebrovasculares [16].

Las arteriopatías coronarias, en Estados Unidos, son la causa principal de las muertes en el país; en el año 2021, se registró que 18,2 millones de habitantes padecían de esta enfermedad, convirtiéndola en uno de los tipos de enfermedades cardíacas más frecuentes según la agencia federal Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades [18]. En el año 2016, la OMS, indicó que las arritmias cardíacas se encuentran entre las cuatro enfermedades cardiovasculares más comunes en América Latina, aumentando el riesgo de los adultos mayores con relación a los jóvenes, donde las personas que sufren esta enfermedad aumenta en 2,4 veces el riesgo de probabilidad de sufrir un accidente cerebrovascular [17].

En el Perú, en el año 2017, se realizó un estudio acerca de las diferentes causas de riesgo cardiovascular que existen en Lima y el Callao, donde se encontró que, en las personas con una edad mayor a los 80 años, el factor de riesgo con más reiteración fue la hipertensión arterial, con un porcentaje del 44%, presentado principalmente en mujeres de la tercera edad a comparación con los varones del mismo rango de edad [3]. Mientras que, en el hospital regional de Lambayeque, en el año 2014, se tiene un subregistro indicando que se atendieron a 5731 personas con alguna patología cardiovascular, donde terminó en la derivación del paciente a algún especialista del tema relacionado [4].

También existe la posibilidad de poder adquirirlo incluso durante el embarazo como es en el caso de las enfermedades cardiovasculares congénitas, puesto que durante las 6 primeras semanas de la concepción se empieza a desarrollar el sistema circulatorio, de manera que el riesgo podría aumentar en algunos casos, ya sea por genética por parte del padre o madre y enfermedades o el estilo de vida por parte de la madre [15].

Algunos de los factores de riesgo que más resaltan para poder desarrollar alguna enfermedad cardiovascular, es sin duda alguna la alimentación poco saludable que puedan llegar a tener las personas, donde se caracteriza el bajo consumo de verduras y/o frutas, el consumo elevado de grasas, sales y azúcares, generando también así el sobrepeso y la obesidad, las cuales se consideran sin duda como factores de riesgo para estas enfermedades [5]. Las personas que no siguen estas recomendaciones, muy posiblemente tendrían tendencia a desarrollar alguna enfermedad cardiovascular, sin importar la edad que tengan.

El hospital referencial de Ferreñafe cuenta solamente con un área de cardiología, el cual está a cargo por un especialista, donde se realizan atenciones de una a dos veces a la semana con un promedio de 3 horas diarias. Cuando se realizan las consultas, el especialista genera un diagnóstico de acuerdo a la salud del paciente, requiriendo en muchos casos un examen de electrocardiograma para conocer el estado actual de los mismos. Una vez realizado el proceso, las enfermeras son las personas encargadas de leer los exámenes para ahorrarle tiempo al especialista, con el fin de que éste pueda realizar consultas a más pacientes, ya que la lectura muchas veces puede demandar más tiempo de lo debido; sin embargo, como esta acción no lo hace el especialista, existe la posibilidad de que haya algún error en la lectura, provocando que el especialista en la próxima consulta programada podría realizar un mal diagnóstico al paciente, provocando así que la salud del mismo se pueda ver comprometida y afectada ya sea a corto o largo plazo.

Ante este tema, se ha identificado una preocupación significativa relacionada con la precisión en la lectura de electrocardiogramas, lo cual es crucial para el correcto diagnóstico de enfermedades cardiovasculares. La tarea de lectura, asignada normalmente a las enfermeras para optimizar el tiempo del especialista, puede resultar en errores diagnósticos debido a la falta de especialización y experiencia en la interpretación de estos registros.

El principal desafío radica en la no especialización del personal que lleva a cabo la primera lectura de los electrocardiogramas, lo que puede derivar en diagnósticos inexactos y, en consecuencia, tratamientos inadecuados. Ante esta situación, se formula la necesidad de implementar una solución tecnológica que pueda asistir en la interpretación de estos exámenes, asegurando que los diagnósticos sean precisos y confiables sin depender exclusivamente del especialista en cardiología. Por ello, el desarrollo de un sistema experto basado en inteligencia artificial, surge como una respuesta a esta necesidad.

Se anticipa que la implementación del sistema experto no solo mejorará la precisión en el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares en el hospital, sino que también optimizará los recursos humanos al permitir que el especialista se enfoque en casos más complejos mientras que las lecturas rutinarias son pre-evaluadas por el sistema. Esto debería resultar en una gestión más eficiente del tiempo médico y, en una reducción de la carga de trabajo del personal de enfermería, quienes podrán dedicar más tiempo a otras tareas del hospital.

Actualmente, no hay suficientes sistemas implementados en la región que utilicen inteligencia artificial para el diagnóstico cardiovascular. Al desarrollar y probar este sistema experto, se estará no solo promoviendo la adopción de tecnologías avanzadas en el ámbito de la salud regional, sino también estableciendo un precedente para futuras mejoras y expansiones que podrían adaptarse a otras áreas médicas o regiones con desafíos similares.

Después de lo mencionado anteriormente, para poder dar una solución a esta problemática se generó la siguiente interrogante: ¿De qué forma se puede ayudar a detectar las enfermedades cardiovasculares más comunes en la provincia de Ferreñafe? Ante esta pregunta, se planteó la elaboración de un sistema experto que mejore el diagnóstico de la enfermedad, la cual se justifica tecnológicamente por su uso eficiente de tecnologías en la nube, al igual que de manera financiera, se puede evitar un gasto mucho mayor a lo que sería si la enfermedad detectada estuviera en un nivel más avanzado. Por último, en el ámbito social, el especialista podrá ahorrar tiempos en la lectura de los exámenes de electrocardiogramas sin correr el riesgo de recibir algún diagnóstico que no sea el adecuado. Finalmente, el objetivo principal de este proyecto fue implementar un sistema experto que ayude a la detección de las enfermedades cardiovasculares. La cual se alcanzó en base a los siguientes objetivos específicos, se determinó primeramente la arquitectura tecnológica que dará soporte para el correcto funcionamiento, después se definió el algoritmo idóneo que se usará para el desarrollo del reconocimiento de patrones en electrocardiogramas, y finalmente, se validó la eficiencia del sistema mediante los resultados obtenidos.

Revisión de literatura

Para la realización de este trabajo, se tomó en cuenta algunos antecedentes, como es el caso de Lugmaña et al. [6], los cuales describieron que las enfermedades cardiovasculares son una de las causas principales de deceso a nivel mundial y que la falta de monitoreo adecuado puede generar situaciones críticas. Propusieron un sistema de monitoreo basado en IoMT, que incluye

la recopilación, procesamiento, envío, almacenamiento y visualización de datos. Este sistema permite monitorear en tiempo real la frecuencia cardíaca y almacenar los datos en la nube, facilitando una rápida intervención de los profesionales de la salud, y por ende, contribuyendo a reducir las muertes por enfermedades cardiovasculares.

Gutierrez [7] trató el problema de las enfermedades cardiovasculares y propuso un sistema IoT para el autodiagnóstico de enfermedades cardíacas. Utilizó un análisis basado en la teoría de la probabilidad para evaluar la dinámica cardíaca y desarrolló una aplicación móvil que, conectada a una base de datos, recibe datos de un sensor de ritmo cardíaco y permite al paciente obtener diagnósticos inmediatos. Esta herramienta mejora el diagnóstico tradicional y facilita el autoexamen de la salud por parte del paciente.

Chanchí et al. [8] propusieron un sistema IoT para el seguimiento del ritmo cardíaco y la predicción de afecciones cardíacas. La investigación incluyó tres fases: selección de tecnologías, diseño y construcción del sistema en Java, y un estudio de caso con siete personas de diferentes edades. El sistema compara los datos promedio con los obtenidos, lo que ayuda a los especialistas a hacer observaciones y prevenir problemas cardíacos futuros, proporcionando una herramienta útil para el diagnóstico y prevención de afecciones.

Delgado et al. [9] propusieron un sistema para la detección y seguimiento de afecciones cardíacas utilizando dispositivos de placa reducida (SBC). El sistema incluye un dispositivo Arduino, un sensor de pulso y una pantalla LCD que muestra los datos obtenidos. Permite medir la frecuencia cardíaca y detectar anomalías, lo que facilita al especialista identificar posibles problemas cardíacos. Las pruebas demostraron que el sistema es útil para la detección temprana de alteraciones cardíacas y para evitar complicaciones graves.

Materiales y métodos

El tipo de investigación del proyecto, se clasificó como una investigación aplicada, ya que esta se centra en abordar problemas específicos, en este caso, en un hospital ubicado en Ferreñafe, con la finalidad de apoyar en el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares a través de un sistema experto. Para identificar parte del problema, se hizo una reunión con el cardiólogo y el personal médico. Utilizando el método analítico se examinaron las dificultades actuales en la detección precisa de enfermedades, lo que llevó a la adopción de un enfoque deductivo para formular una solución basada en tecnología. Esto permitió el enfoque de la implementación,

para lograr la propuesta de solución, al desarrollar el sistema experto. Donde finalmente, se usó el método experimental para la validación de la eficacia del producto.

La población objetivo del sistema, son los pacientes atendidos en el área de cardiología del hospital, de los cuales se seleccionaron los registros de electrocardiogramas que presentaban diversas condiciones cardiovasculares. La muestra consistió en 700 electrocardiogramas, seleccionados aleatoriamente de un total de aproximadamente 2000 registros disponibles, basados en criterios de inclusión que especificaban registros completos y diagnósticos confirmados de condiciones como fibrilación auricular y taquicardia ventricular.

La implementación del sistema se realizó en colaboración con el personal técnico del hospital, utilizando una infraestructura de computación en la nube para garantizar la accesibilidad y la escalabilidad del sistema. El uso de Google Colab como plataforma de desarrollo permitió una integración fluida con el hardware existente en el hospital y ofreció la posibilidad de actualizaciones constantes sin interrupciones significativas en el servicio. La capacidad del sistema para aprender de nuevos datos y ajustar sus algoritmos en tiempo real ha demostrado ser crucial para su éxito, proporcionando un recurso valioso para los médicos al ofrecer diagnósticos más rápidos y precisos, lo que mejora de manera eficaz los resultados de salud a largo plazo de los pacientes.

Asimismo, para el desarrollo del sistema experto se empleó la metodología de ingeniería del conocimiento de John Durkin, que se caracteriza por su enfoque estructurado y secuencial. Esta metodología brinda una evaluación exhaustiva y metodológica en fases, empezando con la parte de evaluación hasta la parte de mantenimiento.

En la primera fase de evaluación se identificaron la alta incidencia de enfermedades cardiovasculares y la frecuencia de diagnósticos erróneos en Ferreñafe como motivación principal para el desarrollo del sistema experto. Además, se determinaron los problemas existentes en la interpretación de electrocardiogramas realizada por personal no especializado, verificando la viabilidad técnica y los recursos disponibles para el proyecto. En la segunda fase de adquisición del conocimiento, se recolectó conocimiento esencial de cardiólogos y se analizaron electrocardiogramas existentes, donde también se planificaron estrategias para la adquisición de datos adicionales necesarios. En la tercera fase de diseño, se evaluaron y seleccionaron técnicas de representación del conocimiento y control adecuadas para el análisis

de patrones en datos de ECG, eligiendo el software más apropiado para el desarrollo del sistema experto basado en la comparativa de opciones disponibles. Además, se diseñaron y desarrollaron interfaces de usuario intuitivas y amigables para facilitar la interacción de los usuarios finales con el sistema. En la cuarta fase de pruebas, se realizaron pruebas rigurosas para validar la funcionalidad y precisión del sistema en condiciones reales, mediante el porcentaje de predicción del sistema. En la quinta fase de documentación, se organizó y documentó todos los archivos necesarios del proyecto. Y en la última fase de mantenimiento, se planificaron futuras actualizaciones y modificaciones basadas en el feedback obtenido del uso de la aplicación, estableciendo un plan de mantenimiento continuo y gestionando la documentación necesaria para facilitar estas tareas.

El estudio se realizó en el Hospital Referencial de Ferreñafe, obteniendo formalmente el permiso de la institución. Todas las actividades se llevaron a cabo de manera respetuosa y adecuada, asegurando en todo momento la confidencialidad y el correcto manejo de los datos brindados. Adicionalmente, se verificó a través de la plataforma TURNITIN que la originalidad del trabajo de investigación se mantuviera por debajo del 25%, cumpliendo así con los estándares académicos establecidos.

Resultados y discusión

En base a los objetivos que se han planteado en la investigación, como primer objetivo se propuso determinar la arquitectura tecnológica que dará soporte al sistema experto para el correcto funcionamiento. Es bien sabido que la implementación de sistemas puede realizarse tanto en entornos locales como en plataformas basadas en la nube, cada una presentando características y particularidades propias. Partiendo de esta premisa, se llevó a cabo un análisis comparativo entre ambas arquitecturas, con el fin de identificar sus ventajas en relación con los requerimientos del proyecto.

TABLA I
TABLA RESUMEN DE COMPARACIÓN DE ARQUITECTURAS

Características	Desarrollo en la nube	Desarrollo local
	Acceso remoto desde	
Accesibilidad	cualquier dispositivo con internet.	Accesible de manera local

Escalabilidad	Flexible	Limitado al hardware
Recursos	Acceso a diferentes recursos según su uso	Limitado al CPU
Costo	Gratuito con limitaciones	Costos fijos de infraestructura
Tiempo de implementación	Rápida puesta en marcha	Requiere configuración e instalación previa
Seguridad y respaldo	De manera automática	De manera manual
Mantenimiento	Actualizaciones automáticas	A cargo del equipo técnico interno

Luego de analizar ambas alternativas, se puede concluir que la arquitectura basada en la nube presenta ventajas clave, tales como escalabilidad, acceso remoto y disponibilidad de recursos tecnológicos avanzados sin la necesidad de realizar inversiones en infraestructura física. Estas características la posicionan como una opción adecuada para el desarrollo del proyecto. Posteriormente, una vez definida la arquitectura, se procedió a realizar una comparación entre diversas plataformas de desarrollo en la nube, con el propósito de seleccionar la más idónea.

TABLA II
TABLA RESUMEN DE COMPARACIÓN DE PLATAFORMAS DE DESARROLLO

Características	Google Colab	Azure notebooks	AWS SageMaker	IBM Watson Studio
Propósito	Entorno para análisis de datos, machine learning e I.A.	Entorno de desarrollo para Python y Jupiter notebooks	Desarrollo de modelos de machine learning y despliegue	Desarrollo de I.A., machine learning y análisis de datos
Facilidad	Muy fácil de usar	Interfaz amigable	Requiere conocimientos previos	Interfaz amigable, pero compleja en su configuración
Escalabilidad	Basada en la disponibilidad de recursos	Escalabilidad a través de servicios de Azure	Escalabilidad automática para entrenar y desplegar modelos	Basados en los recursos de IBM

Documentación	Extensa documentación y recursos de Google	Básica y soporte limitado	Amplia documentación	Soporte y documentación extensiva
	Gratuito con limitaciones	Gratuito con limitaciones	Pago por cada hora de uso	Variable según la suscripción

En la tabla vemos algunas características que resultan comparables entre las opciones evaluadas, sin embargo, se optó por seleccionar a ‘Google Colab’, ya que su funcionalidad se ajusta de manera más precisa al proyecto, además de ser una plataforma que ofrece servicios de manera gratuita, aunque limitada. Una vez determinada la plataforma de desarrollo, se procedió a realizar un análisis comparativo entre distintos servicios de bases de datos en la nube, considerando que este componente será fundamental para soportar las diversas funcionalidades previstas en el sistema.

TABLA III

TABLA RESUMEN DE COMPARACIÓN DE BASE DE DATOS EN LA NUBE

Características	Microsoft Azure Cosmos DB	Amazon DynamoDB	Google Cloud Firestore	Firebase Realtime
Proveedor	Microsoft Azure	Amazon	Google	Google
Tipo de base de datos	Relacional, NoSQL	Relacional, NoSQL	Relaciona, NoSQL	Relacional
Escalabilidad	Automática	Automática	Automática	Automática
Consistencia	Fuerte	Eventual	Fuerte	Eventual
Desempeño	Alto, con opciones de rendimiento optimizado	Excelente	Bueno	Bueno
Modelo de precios	Basado en uso, almacenamiento y recursos	Basado en uso, almacenamiento y tipo de instancia	Basado en uso y almacenamiento	Basado en uso (lectura y escritura)
Seguridad	Encriptación en reposo y en tránsito, autenticación integrada	Encriptación en reposo y en tránsito	Encriptación en reposo y en tránsito	Encriptación en reposo y en tránsito
Integración con servicios externos	Integración con otros servicios de Azure	Integración con otros servicios de AWS	Integración con otros servicios de Google	Integración con otros servicios de Firebase
Implementación	Relativamente fácil, con herramientas de gestión	Fácil con AWS Management Console, pero puede ser complejo para nuevos usuarios	Relativamente fácil con Google Cloud Console	Muy fácil de usar

Tras realizar el análisis comparativo, se decidió utilizar la plataforma ‘Firebase Realtime Database’, debido a que ofrece un servicio gratuito y presenta una integración sencilla con aplicaciones web, modalidad bajo la cual se desarrollará el proyecto. La comparación realizada permitió determinar la arquitectura tecnológica que mejor se adapta a las necesidades del proyecto, asegurando que el sistema funcione de manera óptima, ofreciendo escalabilidad y accesibilidad, lo que resulta determinante para maximizar su rendimiento en el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares a través del análisis de electrocardiogramas.

Como segundo objetivo se propuso definir el algoritmo idóneo que se usará para el desarrollo del reconocimiento de patrones en los electrocardiogramas, se realizó un análisis exhaustivo de diversas técnicas de representación del conocimiento y métodos de control, donde se exploraron varias alternativas, como el análisis estadístico, máquinas de vectores, redes neuronales convolucionales y métodos de aprendizaje automático.

TABLA IV
TABLA RESUMEN DE COMPARACIÓN DE ALGORITMOS

Características	Análisis estadístico	Máquina de vectores	Métodos de aprendizaje automático	Redes neuronales convolucionales
Tipo de enfoque	Enfoque tradicional basado en análisis de datos y probabilidades	Algoritmo de clasificación supervisada basado en márgenes.	Métodos simples como árboles de decisión, regresión lineal, etc.	Tipo de red neuronal profunda
Objetivo principal	Inferir relaciones estadísticas en datos.	Clasificación y regresión, buscando el margen máximo	Predicción y clasificación básica.	Procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones complejos.
Necesidad de datos	Moderada	Moderada a alta	Baja a moderada	Alta
Interpretación	Alta, fácil de entender los resultados.	Moderada, pero se pueden interpretar los márgenes.	Alta, especialmente en métodos simples como regresión.	Baja, debido a la complejidad de la red y los múltiples parámetros.

	Análisis de tendencias, análisis de variables dependientes.	Clasificación de texto, clasificación de imágenes, bioinformática.	Clasificación simple, predicciones financieras.	Reconocimiento de imágenes, visión por computadora, diagnóstico médico.
Aplicaciones				

Tras evaluar las diferentes opciones, se optó por implementar un algoritmo basado en redes neuronales convolucionales (CNN), debido a su capacidad superior para procesar y analizar de forma eficaz las señales complejas de los electrocardiogramas. Una vez definido el algoritmo, se procede con el desarrollo del mismo, comenzando por agregar las funciones para que cumpla con el objetivo, donde se empieza por la parte de carga y la normalización de los datos.

Figura 1: Código fuente de la carga de archivo

```
def cargar_archivo_dat(ruta, fs_actual):
    archivos = [f for f in os.listdir(ruta) if f.endswith('.dat')]
    señales = []
    for archivo in archivos:
        with open(ruta + archivo, 'rb') as f:
            raw_data = f.read()
            senal = np.array(struct.unpack(f'{len(raw_data) // 2}h', raw_data))
            if fs_actual != 250:
                factor = 250 / fs_actual
                senal = signal.resample(senal, int(len(senal) * factor))
            if len(senal) > 50000:
                senal = senal[:50000]
            else:
                senal = np.pad(senal, (0, 50000 - len(senal)), 'constant')
            señales.append(senal)
    return np.array(señales)
```

Figura 2: Código fuente para normalizar los datos

```
# Normalizar los datos
scaler = MinMaxScaler(feature_range=(0, 1))
X = scaler.fit_transform(X.reshape(-1, X.shape[-1])).reshape(X.shape)
```

Una vez desarrolladas las funciones para el procesamiento, se generan las etiquetas que permiten clasificar cada archivo cargado, asignando a cada uno la enfermedad correspondiente

Figura 3: Código fuente para crear etiquetas

```
# Crear las etiquetas
y_ta = np.zeros(len(X_ta)) # 0 para taquicardia ventricular
y_fa = np.ones(len(X_fa)) # 1 para fibrilación auricular
y_na = np.full(len(X_na), 2) # 2 para normal
```

A continuación, los datos cargados se dividen en conjuntos separados: uno destinado al entrenamiento del modelo y otro reservado para su validación y prueba.

Figura 4: Código fuente para la división de datos

```
# Dividir los datos en entrenamiento y prueba
from sklearn.model_selection import train_test_split
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42, stratify=y)
```

Se construye el modelo mediante la incorporación de múltiples capas para mejorar su precisión, además de implementar una función de detención temprana que finaliza el entrenamiento cuando se alcanza un rendimiento óptimo, evitando así un entrenamiento innecesario

Figura 5: Código fuente para el entrenamiento del modelo

```
# Crear el modelo CNN con más capas y Dropout
def crear_modelo_cnn():
    model = models.Sequential()
    model.add(layers.Conv1D(64, kernel_size=5, activation='relu', input_shape=(50000, 1)))
    model.add(layers.MaxPooling1D(pool_size=2))
    model.add(layers.Conv1D(128, kernel_size=5, activation='relu'))
    model.add(layers.MaxPooling1D(pool_size=2))
    model.add(layers.Conv1D(256, kernel_size=5, activation='relu'))
    model.add(layers.MaxPooling1D(pool_size=2))
    model.add(layers.Dropout(0.3)) # Añadir Dropout para regularización
    model.add(layers.Flatten())
    model.add(layers.Dense(128, activation='relu'))
    model.add(layers.Dropout(0.5)) # Aumentar o disminuir Dropout aquí
    model.add(layers.Dense(64, activation='relu'))
    model.add(layers.Dense(3, activation='softmax')) # 3 clases: taquicardia, fibrilación auricular, normal
    return model

# Crear el modelo
modelo = crear_modelo_cnn()

# Definir Early Stopping para detener el entrenamiento si no hay mejora en la precisión
early_stopping = EarlyStopping(monitor='val_loss', patience=10, restore_best_weights=True)
```

Al concluir el entrenamiento, se evalúa el índice de precisión para determinar si el modelo alcanza el nivel adecuado o si es necesario realizar mejoras adicionales

Figura 6: Precisión del algoritmo

```
Epoch 36/50
2/2 ----- 82s 24s/step - accuracy: 1.0000 - loss: 0.0514 - val_accuracy: 0.6875 - val_loss: 0.9359
Epoch 37/50
2/2 ----- 82s 23s/step - accuracy: 0.9785 - loss: 0.1242 - val_accuracy: 0.8750 - val_loss: 0.5515
Epoch 38/50
2/2 ----- 45s 22s/step - accuracy: 0.9785 - loss: 0.0513 - val_accuracy: 0.9375 - val_loss: 0.3278
Epoch 39/50
2/2 ----- 85s 22s/step - accuracy: 0.9785 - loss: 0.0601 - val_accuracy: 0.9375 - val_loss: 0.2894
Epoch 40/50
2/2 ----- 79s 23s/step - accuracy: 0.9354 - loss: 0.1337 - val_accuracy: 0.9375 - val_loss: 0.3065
Epoch 41/50
2/2 ----- 82s 24s/step - accuracy: 1.0000 - loss: 0.0344 - val_accuracy: 0.9375 - val_loss: 0.3375
Epoch 42/50
2/2 ----- 83s 22s/step - accuracy: 0.9889 - loss: 0.0552 - val_accuracy: 0.9375 - val_loss: 0.4040
1/1 ----- 2s 2s/step - accuracy: 0.9375 - loss: 0.2401
WARNING:absl:You are saving your model as an HDF5 file via `model.save()` or `keras.saving.save_model(model)`. This
Precisión en el conjunto de prueba: 0.9375

1/1 ----- 2s 2s/step - accuracy: 0.9375 - loss: 0.2401
WARNING:absl:You are saving your model as an HDF5 file via `model.save`
Precisión en el conjunto de prueba: 0.9375
```

Según los resultados obtenidos, el entrenamiento del modelo se interrumpió de manera automática en la época número 42, ya que a partir de ese punto no se evidenciaron mejoras significativas en el rendimiento. No obstante, el modelo logró una precisión elevada, alcanzando un 93.75%. Este desempeño, se atribuye a que el algoritmo aprovecha su estructura de múltiples capas para realizar automáticamente la extracción de características relevantes, crucial para manejar la variabilidad de los datos de ECG y mejorar significativamente la precisión del diagnóstico

Como tercer objetivo se propuso validar la eficiencia del sistema mediante los resultados obtenidos. Para esto, se implementó el uso del cuestionario de aceptación tecnológica (TAM) y análisis estadísticos. Se administró el cuestionario TAM a un grupo de enfermeras y al especialista, con el fin de recoger datos sobre la usabilidad, funcionalidad y la percepción general de la efectividad del sistema.

La muestra incluyó a 4 enfermeras del área encargada del uso del sistema, quienes calificaron su experiencia en una escala del 1 al 5, donde 1 refleja una evaluación negativa y 5 una altamente positiva.

TABLA III
TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS

Factor	Puntaje Promedio	Puntaje Máximo	Porcentaje del Puntaje Máximo	Quintil	Valoración
Utilidad Percibida	4.6	5	92%	Quintil 5	Útil para la lectura de los electrocardiogramas
Facilidad de uso	4.7	5	94%	Quintil 5	Fácil de usar
Intención de uso	4.5	5	90%	Quintil 5	Alta intención de uso

En cuanto a la utilidad percibida, dos enfermeras otorgaron una puntuación de 4 y las otras dos calificaron con 5, resultando en un promedio de 4.6 puntos. De manera similar, para la facilidad de uso, las calificaciones también promediaron 4.7 puntos, y por último en la intención de uso, las calificaciones promediaron 4.5 puntos, reflejando una percepción general favorable hacia la herramienta en ambas dimensiones.

Estas pruebas demostraron que el sistema experto cumplía efectivamente con las expectativas, proporcionando diagnósticos precisos y fiables, lo que validó su utilidad en un entorno clínico real y demostró su potencial para mejorar el proceso diagnóstico de enfermedades cardiovasculares.

Los resultados obtenidos en este proyecto corroboran la eficacia del sistema experto basado en redes neuronales convolutivas (CNN) para la interpretación precisa de electrocardiogramas en la detección de condiciones cardíacas como la fibrilación auricular y la taquicardia. Este hallazgo es consistente con los resultados de Lugmaña et al. [6], que destacaron la importancia del monitoreo en tiempo real para mejorar y controlar los resultados de salud en pacientes con enfermedades cardíacas. Similar a nuestro sistema, su uso de IoMT para monitorizar la frecuencia cardíaca demostró una reducción en las tasas de mortalidad, subrayando la crítica necesidad de sistemas de detección y respuesta temprana.

Comparativamente, el enfoque de Gutierrez [7], que utilizó IoT para el autodiagnóstico de enfermedades cardíacas, también resalta la relevancia de tecnologías avanzadas en la mejora del diagnóstico y manejo de enfermedades cardíacas. Sin embargo, nuestro sistema se diferencia en su aplicación de CNN, que permite una mayor precisión en el análisis de patrones complejos en los datos de ECG, superando los métodos tradicionales que dependen más de entradas manuales y podrían no capturar sutilezas en los datos.

Chanchí et al. [8] y Delgado et al. [9] también exploraron sistemas para mejorar la detección y seguimiento de enfermedades cardíacas usando tecnologías modernas. Chanchí et al. se centraron en la utilidad de su sistema en un grupo diverso, lo que refleja nuestro hallazgo de que la adaptabilidad y la personalización son cruciales para el éxito en el diagnóstico cardíaco. Del mismo modo, la implementación de un sistema de seguimiento cardíaco de Delgado et al., que también integra componentes físicos para la recopilación de datos, confirma nuestros resultados sobre la eficacia de la tecnología en la mejora de los diagnósticos preventivos y la gestión de enfermedades.

Este proyecto amplía estas investigaciones previas al implementar un sistema que no solo identifica patologías cardíacas, sino que también aprende de los datos para mejorar continuamente su precisión mediante aprendizaje supervisado. Los resultados obtenidos, que mostraron una alta precisión y una buena aceptación por parte de los usuarios finales, validan

la aplicabilidad del sistema en entornos clínicos reales y destacan su potencial para reducir significativamente errores diagnósticos.

Conclusiones

La implementación de la arquitectura en la nube a través de Google Colab y Firebase Realtime Database resultó ser una opción óptima para el sistema experto, ya que brinda escalabilidad, accesibilidad y rentabilidad, al mismo tiempo que mantiene un rendimiento sólido en el manejo de datos de electrocardiogramas.

El algoritmo de red neuronal convolucional demostró una eficacia excepcional en el reconocimiento de patrones para electrocardiogramas, logrando una tasa de precisión del 93,75 %. Esto valida la selección de técnicas de aprendizaje profundo en lugar de métodos estadísticos tradicionales para aplicaciones de diagnóstico médico.

La validación del sistema a través del Modelo de aceptación de tecnología (TAM) reveló altos niveles de aceptación del usuario, con puntajes promedio superiores a 4,5 sobre 5 en todas las dimensiones medidas (Utilidad percibida: 4,6, Facilidad de uso: 4,7 e Intención de uso: 4,5), lo que confirma su viabilidad práctica en un entorno clínico.

El diseño de la arquitectura modular y la implementación basada en la nube abordaron con éxito los objetivos iniciales del proyecto, creando una solución escalable y accesible para la detección de enfermedades cardiovasculares que puede ser utilizada de forma remota por profesionales de la salud.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones, sería provechoso integrar capacidades de aprendizaje continuo en el sistema, permitiendo que se adapte y refine sus algoritmos basados en nuevos datos y retroalimentación clínica, asegurando que el sistema se mantenga actualizado.

También se sugiere la posibilidad de expansión del sistema para poder detectar condiciones cardiovasculares más allá del alcance actual.

Finalmente, se puede tener en cuenta la implementación de mejoras en la interfaz de usuario para facilitar aún más su uso por parte de personal médico no especializado.

Referencias

- [1] OMS, "Enfermedades cardiovasculares". Organización Mundial de la Salud. https://www.who.int/es/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1
- [2] "La OMS revela las principales causas de muerte y discapacidad en el mundo: 2000-2019 - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud". PAHO/WHO | Pan American Health Organization. <https://www.paho.org/es/noticias/9-12-2020-oms-revela-principales-causas-muerte-discapacidad-mundo-2000-2019>.
- [3] M. C. Castro et al, "Estilos de vida y adherencia a terapia antihipertensiva, la Era-Lima Perú y San Miguel-Arica Chile," *Revista Latinoamericana De Hipertension*, vol. 16, (1), pp. 101-106, 2021. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5111611>
- [4] F. León, "Vista de Gestión de la Información en el contexto de las enfermedades cardiovasculares, una necesidad". *Revista Experiencia en Medicina del Hospital Regional Lambayeque*. <https://rem.hrlamb.gob.pe/index.php/REM/article/view/59/55>.
- [5] OMS, "Enfermedades cardiovasculares - OPS/OMS | organización panamericana de la salud". PAHO/WHO | Pan American Health Organization. <https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-cardiovasculares#:~:text=Algunos%20de%20los%20factores%20de,la%20diabetes%20y%20la%20obesidad>.
- [6] H. Lugmaña, M. Román-Cañizares and I. S. Salazar1, "Sistema de monitoreo cardiovascular utilizando tecnología IoMT," *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologías De Informação*, pp. 238-249, 2020. Available: <http://usat.lookproxy.com/scholarly-journals/sistema-de-monitoreo-cardiovascular-utilizando/docview/2451419839/se-2>.
- [7] C. Gutierrez-Ardila *et al*, "Sistema IOT para el auto-diagnóstico de enfermedades del corazón usando la evaluación matemática de la dinámica cardiaca basada en la teoría de la probabilidad," *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologías De*

Informação, pp. 1-10, 2019. Available: <https://www.proquest.com/docview/2195127716/fulltextPDF/DCA60B1E1DCC4F47PQ/23?accountid=37610>

- [8] G. G. E. Chanchí, M. L. Sierra and Rodríguez R. Julio Cesar, "Sistema IoT para el seguimiento del ritmo cardíaco y la predicción de afecciones cardíacas," *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologías De Informação*, pp. 14-27, 2020. Available: <http://usat.lookproxy.com/scholarly-journals/sistema-iot-para-el-seguimiento-del-ritmo/docview/2451420299/se-2>.
- [9] D. M. D. Agudelo *et al*, "Sistema para la Detección y Seguimiento de Afecciones Cardíacas Soportado en SBC," *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologías De Informação*, pp. 717-728, 2019. Available: <http://usat.lookproxy.com/scholarly-journals/sistema-para-la-detección-y-seguimiento-de/docview/2195127280/se-2>.
- [10] S. C. Rodríguez *et al*, "Sistema experto basado en casos para el diagnóstico de la hipertensión arterial/Case based expert system for hypertension diagnosis," *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia*, (60), pp. 202-213, 2011. Available: <http://usat.lookproxy.com/scholarly-journals/sistema-experto-basado-en-casos-para-el/docview/1614350061/se-2>.
- [11] GERESA. "REALIZAN FERIA INFORMATIVA POR DÍA MUNDIAL CONTRA LA HIPERTENSIÓN". Gobierno Regional de Lambayeque. <https://www.regionlambayeque.gob.pe/web/noticia/detalle/27765?pass=NA==>.
- [12] EsSalud. "EsSalud Lambayeque: implantan cardiodesfibrilador para evitar muerte súbita por arritmia - Essalud". Essalud. <http://noticias.essalud.gob.pe/?innoticia=essalud-lambayeque-implantan-cardiodesfibrilador-para-evitar-muerte-subita-por-arritmia>
- [13] GERESA. "HOSPITAL REGIONAL LAMBAYEQUE REALIZA CAMPAÑA DE CIRUGÍAS CARDIACAS". Gobierno Regional de

Lambayeque. <https://www.regionlambayeque.gob.pe/web/noticia/detalle/28276?pass=MTc0MDAw>

- [14] OPS. "| Día Mundial del Corazón: Enfermedades cardiovasculares causan 1,9 millones de muertes al año en las Américas". Pan American Health Organization / World Health Organization. https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=7257:2012-dia-mundial-corazon-enfermedades-cardiovasculares-causan-1-9-millones-muertes-ano-americas&Itemid=4327&lang=fr#:~:text=Las%20enfermedades%20cardiovasculares%20provocan%20,dieta%20no%20saludable,%20entre%20otros.
- [15] Mayo Clinic. "Defectos cardíacos congénitos en los niños - Síntomas y causas - Mayo Clinic". Mayo Clinic - Mayo Clinic. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/congenital-heart-defects-children/symptoms-causes/syc-20350074>.
- [16] OMS. "Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)". WHO | World Health Organization. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)).
- [17] Anonymous "La fibrilación auricular es una de las enfermedades cardiovasculares más comunes," *Infobae*, 2021. Available: <https://www.proquest.com/docview/2578081152/6675495794684C6DPQ/1?accountid=37610>.
- [18] Nhlbi.nih.gov. 2022. *Cardiopatía coronaria - ¿Qué es la cardiopatía coronaria?* | NHLBI, NIH. [online] Available at: <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/cardiopatia-coronaria>.
- [19] INEI. "PERÚ - INEI: Lambayeque: Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017". PERÚ Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1560/
- [20] Oracle Perú. "¿Qué es la inteligencia artificial (IA)?" Oracle | Cloud Applications and Cloud Platform. <https://www.oracle.com/pe/artificial-intelligence/what-is-ai/>

- [21] S. Badaró, L. J. Ibañez y M. J. Agüero. (2013, octubre) "Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones". Universidad de Palermo, UP | Buenos Aires, Argentina. https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf.
- [22] UNIR. "Machine Learning". IBM - United States. <https://www.ibm.com/pe-es/analytics/machine-learning> (accedido el 19 de noviembre de 2022).
- [23] "¿Qué es cloud computing? | Google Cloud". Google Cloud. <https://cloud.google.com/learn/what-is-cloud-computing?hl=es> (accedido el 19 de noviembre de 2022).
- [24] Microsoft Azure, "Azure Database Services," Microsoft Azure. [Enlace: <https://azure.microsoft.com/en-us/services/>]. Consultado: 16 de noviembre del 2022.
- [25] Amazon Web Services, "Databases on AWS," Amazon Web Services. [Enlace: <https://aws.amazon.com/products/databases/>]. Consultado: 16 de noviembre del 2022.
- [26] Google Cloud, "Cloud Databases," Google Cloud. [Enlace: <https://cloud.google.com/products/databases>]. Consultado: 16 de noviembre del 2022.
- [27] Firebase, "Realtime Database," Firebase. [Enlace: <https://firebase.google.com/docs/database>]. Consultado: 16 de noviembre del 2022.
- [28] I. Orozco and O. Jacobs, "La nueva era de los negocios: computación en la nube," *Revista Científica de la Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín*, vol. 15, no. 2, pp. 1-20, 2016. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/784/78457627005.pdf>

Anexos**Anexo N° 01. CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN***Figura 1: Constancia***CARTA DE ACEPTACIÓN**

Mgtr. Ing. Huilder Mera Montenegro
Director de Escuela de Ingeniería de Sistemas y computación
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Mediante la presente, el HOSPITAL REFERENCIAL DE FERREÑAFE, acepta la solicitud realizada por el estudiante VILLALOBOS ROMERO ALONSO JEREMY, identificado con DNI N° 75954996 y código universitario 172TD74427 de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, para que realice su proyecto de tesis, brindándole la información necesaria para su desarrollo.

Sin ningún otro particular me despido

Atentamente

A circular blue stamp with the text "HOSPITAL REFERENCIAL DE FERREÑAFE" around the perimeter and "MINSA" in the center.

Jaime M. Llumpo Liza
ABOGADO
I.C.A.L.: 7143

DNI: 44334176

Anexo N° 02. INTERFACES

Página principal: Interfaz donde se visualiza todas las opciones de la aplicación

Figura 2: Interfaz principal de inicio



Hospital Referencial de Ferreñafe



Nombre Apellido

- Inicio
- Mi perfil
- Servicios
- Pacientes
- Reportes
- Cerrar sesión

Información del Hospital

Horario de atención:
07:00 am - 07:00 pm
Números de contacto:
Tel. xx-xxx-xxxx

Hospital Referencial de Ferreñafe

Bienvenido al Hospital Referencial de Ferreñafe, una institución de salud pública dedicada a brindar atención médica de calidad a la comunidad del estado de Lambayeque, en la ciudad de Ferreñafe. Como parte del compromiso del gobierno estatal con la salud y el bienestar de sus ciudadanos, nuestro hospital opera bajo la administración y financiamiento del estado. Ubicado estratégicamente en la Avenida Augusto B. Leguía cuadra 6, el Hospital Referencial de Ferreñafe es un pilar fundamental en la prestación de servicios de salud accesibles y asequibles para todos los habitantes de la región. Nuestra misión es proporcionar atención médica integral, centrada en el paciente y basada en la equidad, sin importar su condición socioeconómica.

Contamos con un equipo médico capacitado y comprometido, donde ofrecemos servicios como: emergencia, consultas, exámenes diagnósticos, entre otros, nuestro objetivo es garantizar que cada paciente reciba la atención médica necesaria para su pronta recuperación. En el Hospital Referencial de Ferreñafe, trabajamos en estrecha colaboración con otras instituciones de salud y entidades gubernamentales para fortalecer el sistema de salud pública y mejorar la calidad de vida de nuestra comunidad. Además, nos comprometemos a promover la educación en salud y la prevención de enfermedades mediante programas comunitarios y campañas de concientización.

Gracias por confiar en el Hospital Referencial de Ferreñafe para sus necesidades de atención médica. Estamos aquí para servirle y cuidarle, comprometiéndonos en brindar una buena atención médica.



Menú de opciones: En este apartado se puede visualizar las opciones de la aplicación, donde tendrá el nombre y apellido del usuario logueado.

Figura 3: Interfaz del menú de opciones



Servicios: Esta interfaz mostrará la parte de predicción del sistema, donde se debe seleccionar al paciente y subir su electrocardiograma.

Figura 4: Interfaz de subida de archivo a analizar

Subir archivo de electrocardiograma

Busque y seleccione el paciente:

Selecione un paciente

Elegir archivo
No se eligió ningún archivo
Subir archivo

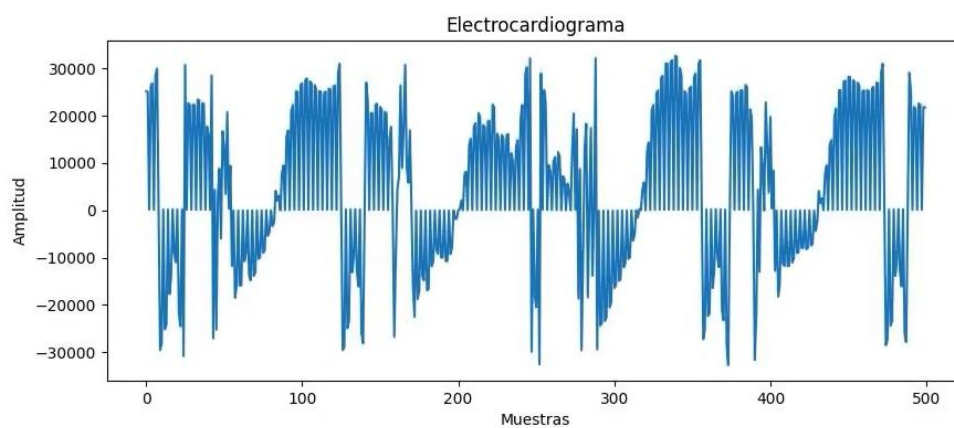
Figura 5: Interfaz de archivo analizado

Resultado de la predicción: Taquicardia

Probabilidad según enfermedad:

Taquicardia ventricular	99.90%
Fibrilación auricular	0.05%
Normal	0.05%

Gráficos de apoyo:



Reportes: Esta interfaz mostrará los reportes del sistema.

Figura 6: Reporte de gráfico de pastel según enfermedades

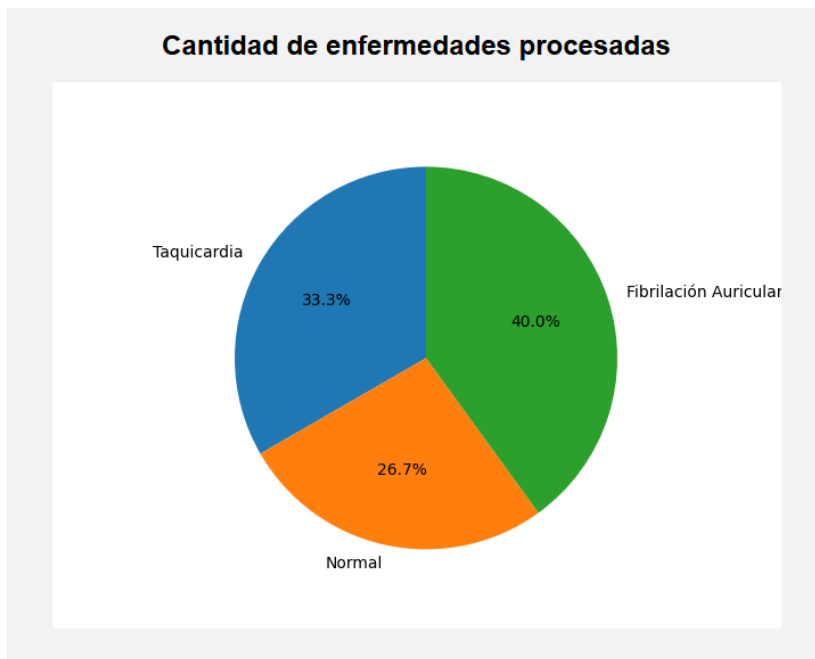
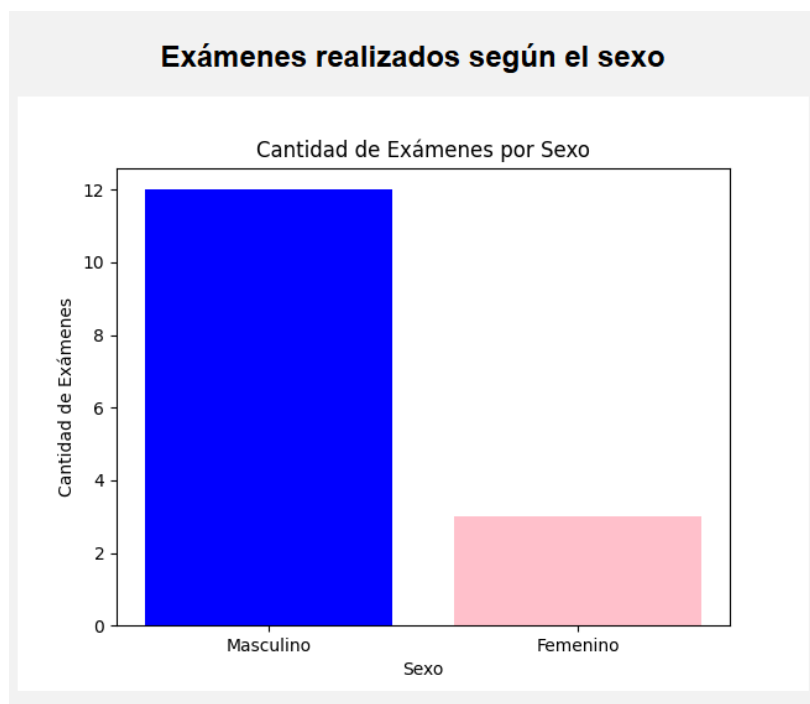


Figura 7: Reporte de gráfico de barras según sexo



Anexo N° 03. CUESTIONARIO TAM

Encuesta de aceptación tecnológica (TAM)	
Objetivo	Validar el sistema web con respecto a los criterios de utilidad percibida por los usuarios
Participante	Médico especialista y enfermeras
Encuesta de utilidad percibida	
Leyenda para la utilidad	
Puntuación	Descripción
1	Muy baja utilidad percibida
2	Baja utilidad percibida
3	Utilidad percibida moderada
4	Alta utilidad percibida
5	Muy alta utilidad percibida
Cuestionario	
Por favor, ingrese la puntuación que crea conveniente	
Preguntas	Puntuación
1- Creo que el sistema mejora la precisión de los diagnósticos de ECG.	
2- Usar el sistema me permite completar tareas más rápidamente.	
3- El sistema mejora la calidad de trabajo que puedo hacer	
4- Usar el sistema aumenta mi producción en el diagnóstico	
5- El sistema sería útil en mi práctica diaria	
6- Creo que el sistema reduce los errores en la interpretación de ECG	
7- El sistema ofrece ventajas significativas sobre otros métodos diagnósticos	
8- Usar el sistema me da una mayor seguridad en los diagnósticos	
9- El sistema es útil incluso en casos clínicos complejos	
10- Creo que el sistema mejora la comunicación y colaboración entre colegas	

Anexo N° 04. CUESTIONARIO TAM

Encuesta de aceptación tecnológica (TAM)	
Objetivo	Validar el sistema web con respecto a la intención de uso de los usuarios
Participante	Médico especialista y enfermeras
Encuesta de intención de uso	
Leyenda para la utilidad	
Puntuación	Descripción
1	Muy baja intención de uso
2	Baja intención de uso
3	Intención de uso moderada
4	Alta intención de uso
5	Muy alta intención de uso
Cuestionario	
Por favor, ingrese la puntuación que crea conveniente	
Preguntas	Puntuación
1- Tengo la intención de usar este sistema en el futuro	
2- Preveo que utilizaré este sistema frecuentemente	
3- Planifico recomendar el uso de este sistema a otros colegas	
4- Si tengo acceso al sistema, lo usaré tanto como sea posible	
5- La idea de usar el sistema me parece atractiva	
6- El sistema satisface una necesidad crítica en mi área de trabajo	
7- Continuaré usando el sistema incluso si se introducen alternativas	
8- El sistema es mi preferencia sobre otras herramientas disponibles	
9- Estoy interesado en recibir mejoras y actualizaciones del sistema	
10- La utilización del sistema es algo que considero esencial en mi trabajo	

Anexo N° 05. CUESTIONARIO TAM

Encuesta de aceptación tecnológica (TAM)	
Objetivo	Validar el sistema web con respecto a la facilidad de uso de los usuarios
Participante	Médico especialista y enfermeras
Encuesta de facilidad de uso	
Leyenda para la utilidad	
Puntuación	Descripción
1	Muy baja intención de uso
2	Baja intención de uso
3	Facilidad de uso moderada
4	Alta facilidad de uso
5	Muy alta facilidad de uso
Cuestionario	
Por favor, ingrese la puntuación que crea conveniente	
Preguntas	Puntuación
1- Aprender a operar el sistema es fácil para mí.	
2- Interactuar con el sistema es claro y comprensible.	
3- Puedo utilizar el sistema sin la necesidad de asistencia teórica.	
4- Me siento cómodo usando el sistema.	
5- Es fácil para mí hacer que el sistema haga lo que quiero que haga.	
6- Me resulta fácil recordar cómo realizar tareas usando el sistema.	
7- Puedo usar el sistema de manera efectiva desde el principio.	
8- La interfaz del sistema es agradable y fácil de navegar.	
9- El sistema proporciona todas la funciones y capacidades que espero.	
10- Es fácil recuperarse de errores o problemas cuando uso el sistema.	