



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**APLICACIÓN WEB DE ATENCIÓN
MÉDICA PRIMARIA PARA EL
DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES
PEDIÁTRICAS MEDIANTE UN
MODELO DEEP LEARNING**

Autores:

Victoria Alejandra Suárez Álvarez

Santiago Andrés Ariza Díaz

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN**

**APLICACIÓN WEB DE ATENCIÓN MÉDICA PRIMARIA PARA EL DIAGNÓSTICO
DE ENFERMEDADES PEDIÁTRICAS MEDIANTE UN MODELO DEEP LEARNING**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO EN COMPUTACIÓN

Autores:

Victoria Alejandra Suárez Álvarez

C.I: 27.362.926

Santiago Andrés Ariza Díaz

C.I: 29.834.445

Tutora: Ing. Rosa Ortega

San Diego, junio de 2023



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:


Aplicación WEB DE ATENCIÓN MÉDICA PRIMARIA PARA EL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES PEDIÁTRICAS MEDIANTE UN MODELO DEEP LEARNING.

Realizado por el (la) Br. VICTORIA ALEJANDRA SUÁREZ ALVAREZ
C.I. N° 27.362.926 cursante de la carrera de Ing. en Computación
hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:


APROBADO

NO APROBADO

El Jurado


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Rox Ordoñez
C.I.: 94772


Jurado
Nombre: Juan Alexander Perez
C.I.: 115204141


Jurado
Nombre: Milbet Rodríguez
C.I.: 7996228

Fecha: 04/07/2023





UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:


Aplicación WEB DE ATENCIÓN MÉDICA PRIMARIA PARA EL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES PEDIÁTRICAS MEDIANTE UN MODELO DEEP LEARNING.

Realizado por el (la) Br. SANTIAGO Andrés Arzu Díaz
C.I. N° 29.834.445 cursante de la carrera de Ing. en Computación


hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:


APROBADO

NO APROBADO


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Diana Orjales
C.I.: 944760

El Jurado


Jurado
Nombre: Juan Alexander Pérez
C.I.: 11520441


Jurado
Nombre: Milbet Rodríguez
C.I.: 7996228

Fecha: 04/07/2023





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, **ROSA ORTEGA**, portador de la cédula de identidad N° **9.447.210**, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano **SANTIAGO ARIZA**, portador de la cédula de identidad N° **29.834.445** y **VICTORIA SUÁREZ**, portadora de la cédula de identidad N° **27.362.926**, titulado **APLICACIÓN WEB DE ATENCIÓN MÉDICA PRIMARIA PARA EL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES PEDIÁTRICAS MEDIANTE UN MODELO DEEP LEARNING**, presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO EN COMPUTACIÓN**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 06 días del mes de junio del año dos mil veintitres.

Ing. Rosa Ortega

C.I: 9.447.210

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE GRÁFICOS.....	xi
LISTA DE TABLAS.....	xii
RESUMEN INFORMATIVO.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	6
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación.....	7
1.5 Alcance y Limitaciones.....	8
II MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Bases Teóricas.....	12
2.2.1. Sistema.....	12
2.2.2. Sistema Web.....	12
2.2.3. Aplicación de eHealth.....	13
2.2.4. Sistemas Expertos.....	13
2.2.5. Arquitectura de Sistemas Expertos.....	14
2.2.6. Deep Learning.....	15
2.2.7. Perceptrón Multicapa (MLP).....	15
2.2.8. TensorFlow.....	16
2.2.9. Método Adam (Estimación Adaptativa del Momento).....	17
2.3 Bases Legales.....	17

2.3.1. Artículo 108 y 110 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.....	17
2.3.2. Artículos 1° de la Ley de Telecomunicaciones y 5° de la Ley Orgánica de la Administración Central, en Consejo de Ministros.....	18
2.3.3. Decreto con Fuerza de Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación.....	19
2.4 Definición de Términos.....	19
III MARCO METODOLÓGICO	20
3.1 Tipo de Investigación.....	20
3.2 Diseño de la Investigación.....	20
3.3 Nivel de la investigación.....	21
3.4. Población y muestra.....	21
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	22
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos.....	23
3.6. Validación del instrumento.....	23
3.7. Fases metodológicas.....	24
3.8. Cuadro de Operacionalización de Variables.....	26
IV RESULTADOS	27
4.1 Fase I: Identificación de las variables que intervienen en el proceso de diagnóstico de enfermedades pediátricas	27
4.1.1 Entrevista.....	27
4.1.2 Coeficiente de Alfa de Cronbach.....	39
4.2 Fase II: Determinación de los requerimientos funcionales y no funcionales inherentes al sistema de diagnóstico de enfermedades pediátricas	40
4.2.1 Requerimientos funcionales.....	40
4.2.2 Requerimientos no funcionales.....	40
4.3 Fase III: Diseño de la aplicación web de atención médica y la arquitectura de la red neuronal más apropiada para el diagnóstico de enfermedades pediátricas.....	41
4.3.1 Actividad I: Diseño de casos de uso.....	41

4.3.2 Actividad II: Descripción de casos de uso.....	42
4.3.3 Actividad III: Modelo de base de datos.....	47
4.3.4 Actividad IV: Descripción de la arquitectura del sistema.....	48
4.3.5 Actividad V: Descripción del diseño del modelo para el diagnóstico de enfermedades.....	48
4.3.6 Actividad VI: Obtención del dataset.....	49
4.3.7 Actividad VII: Implementación de la red neuronal.....	49
4.3.8 Actividad VIII: Análisis de resultados y ajustes a la red.....	49
4.3.9 Actividad IX: Framework y herramientas para la implementación del modelo.....	50
4.3.10 Actividad X: Generalidades del experimento.....	50
4.3.11 Actividad XI: Diseño de interface.....	51
4.4 Fase IV: Entrenamiento del modelo de diagnóstico de enfermedades pediátricas.....	54
4.5 Fase V: Realización de pruebas para la verificación de la eficacia del modelo de diagnóstico entrenado.....	56
4.5.1. Confiabilidad de los resultados del modelo.....	61
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1 Conclusiones.....	62
5.2 Recomendaciones.....	63
REFERENCIAS.....	65

LISTA DE CUADROS

CUADRO	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Cuadro de Operacionalización de Variables.....	21

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Arquitectura de un Sistema Experto.....	14
2	Estructura básica de un Multi Layer Perceptron (MLP).....	16
3	Diagrama de Caso de Uso (Administrador).....	41
4	Diagrama de Caso de Uso (Usuario).....	42
5	Diagrama de Base de Datos.....	47
6	Diagrama de la Arquitectura del Sistema.....	48
7	Diagrama de flujo correspondiente al diseño del modelo para la detección de enfermedades.....	49
8	Ilustración del diseño general de la red implementada.....	50
9	Esquema básico del diseño de la interfaz.....	51
10	Paleta de colores.....	51
11	Interfaz Inicio de Sesión.....	52
12	Interfaz Registro de Usuario.....	52
13	Interfaz Formulario de Diagnóstico.....	53
14	Interfaz Resultado de Diagnóstico.....	53
15	Interfaz Historial de Diagnóstico.....	54
16	Interfaz Centros Médicos.....	54
17	Código de modelo de Inteligencia Artificial.....	55
18	Porcentaje de errores durante el entrenamiento del modelo.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Estimación de muertes por causas médicas evitables con un acceso equitativo a los servicios de salud y la prestación de una atención sanitaria de mayor calidad.....	4
2	Estimación de muertes causadas por neumonía en niños.....	4
3	Estimación de causas de muerte en los Estados Unidos.....	5

LISTA DE TABLAS

DESCRIPCIÓN

GRÁFICO		pp.
1	Respuestas a la Pregunta 1 de la Entrevista.....	27
2	Respuestas a la Pregunta 2 de la Entrevista.....	29
3	Respuestas a la Pregunta 3 de la Entrevista.....	30
4	Respuestas a la Pregunta 4 de la Entrevista.....	32
5	Respuestas a la Pregunta 5 de la Entrevista.....	33
6	Respuestas a la Pregunta 6 de la Entrevista.....	35
7	Respuestas a la Pregunta 7 de la Entrevista.....	36
8	Respuestas a la Pregunta 8 de la Entrevista.....	38
9	Caso de Uso (Registro de Usuario)	42
10	Caso de Uso (Iniciar Sesión)	43
11	Caso de Uso (Agregar Paciente)	43
12	Caso de Uso (Rellenar Datos de Síntomas)	44
13	Caso de Uso (Visualizar Lista de Pacientes)	44
14	Caso de Uso (Editar Pacientes)	45
15	Caso de Uso (Eliminar Pacientes)	45
16	Caso de Uso (Visualizar Historial de Diagnóstico)	46
17	Caso de Uso (Visualizar Lista de Médicos Especialistas)	46
18	Caso de Uso (Visualizar Lista de Centros Médicos)	47
19	Caso de prueba: Inicio de sesión.....	56
20	Caso de prueba: Registro de usuario.....	57
21	Caso de prueba: Agregar un paciente.....	57
22	Caso de prueba: Editar un paciente (primera prueba)	58
23	Caso de prueba: Editar un paciente (segunda prueba)	58
24	Caso de prueba: Recibir un diagnóstico.....	58
25	Caso de prueba: Confirmación de contraseña.....	59
26	Caso de prueba: Mensaje de respuesta a diagnósticos no exitosos....	59



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN**

**APLICACIÓN WEB DE ATENCIÓN MÉDICA PRIMARIA PARA EL
DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES PEDIÁTRICAS MEDIANTE UN MODELO
DEEP LEARNING**

Autores: Victoria Alejandra Suárez Álvarez
Santiago Andrés Ariza Díaz
Tutora: Ing. Rosa Ortega
Fecha: Enero 2023

RESUMEN INFORMATIVO

El presente proyecto tiene como objetivo general el desarrollo de una aplicación web de atención médica primaria para el diagnóstico de enfermedades pediátricas mediante un modelo Deep Learning. El fin de lo anteriormente mencionado es lograr un diagnóstico rápido y confiable ante la presencia de diferentes síntomas en el paciente, específicamente niños entre 0 y 5 años, a través del diseño y entrenamiento de un modelo de redes neuronales. Para ello, se realiza la siguiente investigación enmarcada en el modelo de una investigación de tipo proyecto especial. Enfocado, a su vez, en la línea de investigación de desarrollo de nuevas tecnologías de la información y comunicación. Este proyecto presenta un nivel descriptivo, ya que se observa y se analiza el fenómeno a estudiar. Asimismo, el diseño de esta es documental ya que se utilizarán fuentes bibliográficas como artículos científicos, libros y tratados médicos sobre temas relacionados que representen un aporte teórico para la investigación. Y a su vez, también se empleará un diseño de campo ya que para el desarrollo del sistema se requiere de la interacción con profesionales en el área que provean el criterio médico pertinente y los parámetros significativos que permitan el correcto desarrollo del procedimiento de diagnóstico de enfermedades y el análisis de los resultados obtenidos. Las técnicas de recolección de datos serán la recopilación documental y la entrevista. Para finalizar, se desarrollará una aplicación web que permita el procesamiento de los síntomas de un paciente, ingresados por el usuario, de manera tal que determine la enfermedad que padece dicho paciente.

Palabras Claves: Aplicación Informática, Inteligencia Artificial, Paciente, Personal Médico.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la Inteligencia Artificial está revolucionando todas las áreas del ser humano. Desde servir como ayuda y soporte en tareas básicas del día a día, como ser aplicada en el área de la salud y la medicina para el diagnóstico temprano de diferentes patologías como cáncer, apendicitis, neumonía y hasta COVID-19. El diagnóstico temprano de enfermedades es de vital importancia para disminuir las probabilidades de que los pacientes sufran enfermedades en estado de gravedad que puedan conllevar eventualmente a la muerte. En el caso de los niños, es sumamente delicado, ya que un diagnóstico temprano asertivo puede conllevar a que no se requieran de tantos recursos para atacar con la enfermedad. Hoy por hoy, alrededor de 5.2 millones de niños, entre 0 a 5 años, a nivel mundial, mueren por causa de enfermedades infecciosas que pudieron haber sido curadas fácilmente con un diagnóstico temprano y un correcto servicio de salud.

Es cierto que, la Inteligencia Artificial se ha mostrado como una de las herramientas más utilizadas en el área de la salud y la medicina para el diagnóstico de enfermedades, aumentando aún más su auge con la aparición del Machine Learning y el Deep Learning. Los beneficios a largo plazo de la Inteligencia Artificial en el proceso de diagnóstico de enfermedades pediátricas, podría salvar miles de vidas cada año, por lo cual, el siguiente trabajo de investigación pretende desarrollar un sistema basado en redes neuronales capaz de diagnosticar enfermedades a partir de un conjunto de síntomas presentados en el paciente.

De esta misma manera, se plantea crear una herramienta de asistencia médica para el uso cotidiano que permita el diagnóstico rápido de enfermedades pediátricas. Es por ello que se busca desarrollar una aplicación web capaz de analizar los síntomas que presentan pacientes entre 0 y 5 años, introducidos por el usuario, para estimar la posible enfermedad que padecen. Esto sería una gran ayuda para aquellos padres que no poseen ayuda médica cercana, inmediata, o que simplemente no pueden costearlo. Así como también, servir de apoyo para los médicos especialistas de manera que estos puedan acelerar el proceso de diagnóstico. Todo lo anteriormente mencionado, tiene como finalidad mejorar la calidad de vida de las personas. Para ello, se busca diseñar y entrenar un modelo Deep Learning capaz de diagnosticar enfermedades pediátricas a través del ingreso de una serie de síntomas presentados por el paciente. Dicho modelo constará de una estructura llamada Perceptrón Multicapa o Multi Layer Perceptron (MLP).

Asimismo, el trabajo de investigación está estructurado en cinco (5) capítulos, de los cuales son: Capítulo I, El Problema, donde se describe el planteamiento del problema, su

respectiva formulación, objetivo general y específicos, justificación de la investigación y el alcance y limitaciones de la misma. El Capítulo II, Marco Teórico, señala los antecedentes de la investigación, las respectivas bases teóricas y bases legales, las cuales son el fundamento teórico de la investigación, y finalmente, la definición de términos básicos que son el pilar de la misma. Por su parte el Capítulo III, Marco Metodológico, contiene el tipo de investigación y su diseño, así como su nivel, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y las fases metodológicas. En el Capítulo IV, Resultados, que corresponde a la explicación y al desglose de los resultados obtenidos luego de la ejecución de cada fase metodológica expuesta en el capítulo anterior, así como también los resultados obtenidos del modelo. Finalmente, Capítulo V, donde se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

Actualmente, el desarrollo tecnológico en el área de la salud se ha convertido en una necesidad primaria para la sociedad. En los últimos años se ha buscado automatizar los procesos para la prevención de enfermedades, acelerar el diagnóstico de las mismas y optimizar la comunicación remota entre médicos y pacientes. Esto con la finalidad de desarrollar un sistema de salud accesible, sostenible y de alta calidad para la población. Sin embargo, proporcionar servicios de salud de fácil acceso y de alta calidad es una dificultad que presentan todos los países del mundo, sin importar su desarrollo. Según una investigación realizada por el Grupo Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud (OMS) “la mitad de la población mundial aún no tiene acceso a los servicios de salud que necesita y cada año 100 millones de personas se ven empujadas a la pobreza extrema debido a los gastos médicos”.

Dicha situación, conlleva a que millones de niños alrededor del mundo no tengan acceso a la atención médica que necesitan, lo cual no solo es injusto, sino que también es un desperdicio del potencial y capital humano de un país. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), “se estima que en el 2019 murieron 5,2 millones de niños menores de cinco años, en su mayoría por causas evitables y tratables” (ver gráfico 1). Algunas de las causas principales de la defunción de esta población de niños son las enfermedades infecciosas, entre ellas la neumonía, la diarrea y el paludismo, las cuales, con un diagnóstico temprano, el correcto tratamiento y el seguimiento efectivo podrían ser evitadas y curadas en su totalidad.

Así como también, según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2015) “125.000 niños mueren cada año de enfermedades de transmisión alimentaria y el 34% de todas las muertes por enfermedades de transmisión alimentaria se producen en niños menores de 5 años”. Entre estas enfermedades se tiene norovirus, Campylobacter, E. coli, Salmonella no tifoídica y la toxoplasmosis. Las cuales son causadas principalmente por bacterias, virus, parásitos, toxinas y productos químicos encontrados en los alimentos. Estas enfermedades son comunes en países de ingresos bajos y medianos, ya que están vinculadas a la preparación de alimentos con agua contaminada, la falta de higiene y condiciones inadecuadas en la producción y el almacenamiento de alimentos. Así como también, se convierten letales cuando no se presenta el tratamiento ni el sistema de salud adecuado para ser curadas eficientemente.

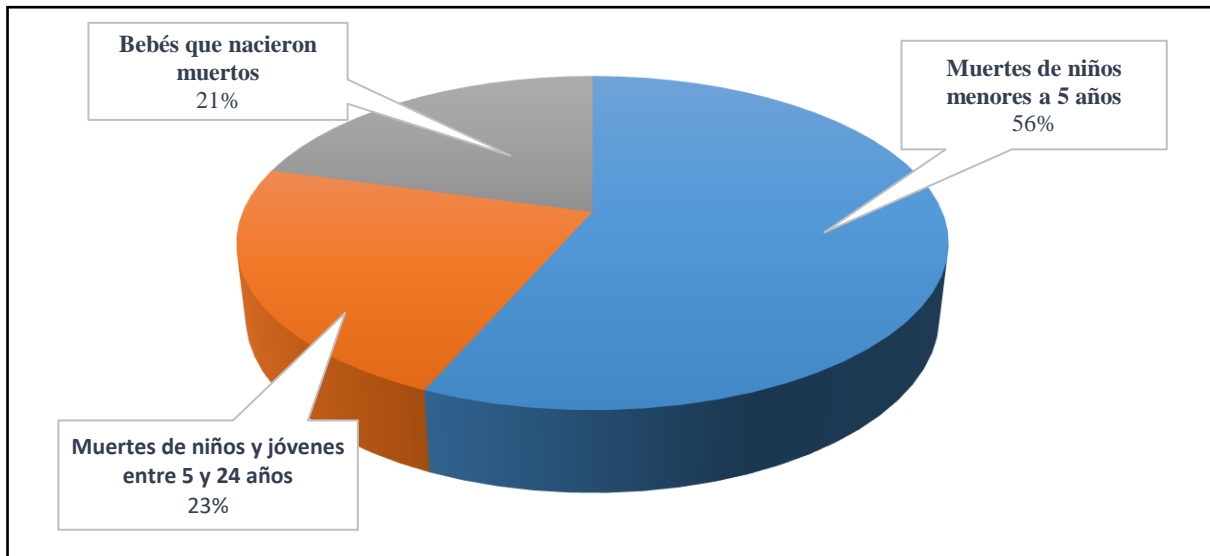


Gráfico 1. Estimación de muertes por causas médicas evitables con un acceso equitativo a los servicios de salud y la prestación de una atención sanitaria de mayor calidad. Estimación para el año 2021, ambos sexos.

Fuente: Grupo Interinstitucional de las Naciones Unidas para la Estimación de la Mortalidad Infantil (2021).

Una de las enfermedades más comunes en los niños menores a 5 años, es la neumonía. Según UNICEF (2022) “Cada año, más de 700.000 niños menores de cinco años mueren de neumonía, de los cuales más de 153.000 son recién nacidos, un grupo especialmente vulnerable a la infección” (ver gráfico 2). Esta enfermedad puede ser causada por la presencia de bacterias, virus u hongos en el aire. Sin embargo, prácticamente todas esas muertes podrían ser evitadas teniendo servicios de salud y tratamientos esenciales.

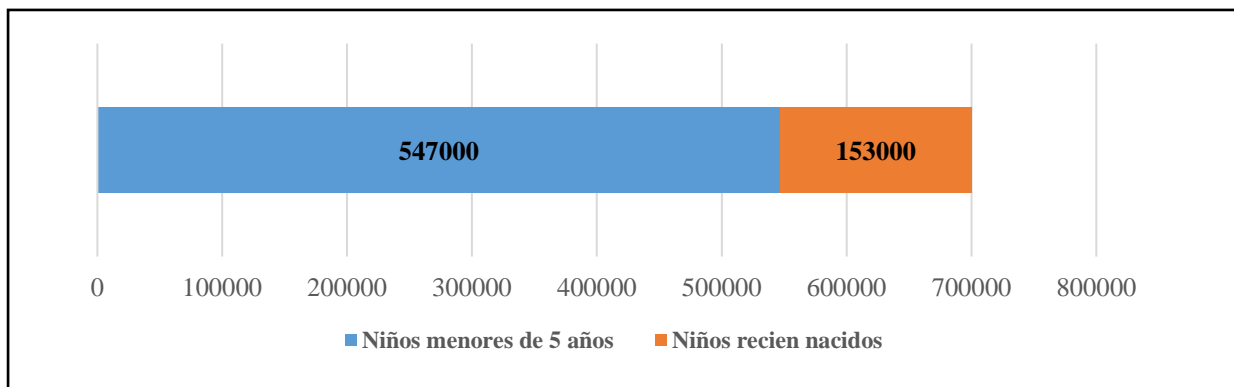


Gráfico 2. Estimación de muertes causadas por neumonía en niños. Estimación para el año 2022, ambos sexos.

Fuente: UNICEF (2022).

A su vez, poder otorgarle un servicio de salud de alta calidad a sus hijos es una de las grandes preocupaciones de los padres. No solo por la dificultad económica que esto representa, sino también por la falta de especialistas y subespecialistas pediátricos para atender al creciente número de niños con enfermedades. En Venezuela, para el año 2018, el presidente de la

Sociedad Venezolana de Pediatría y Puericultura, Dr. Huníades Urbina-Medina mencionó que “la situación que afronta el país ha impulsado el desplazamiento de más de 22.500 profesionales del gremio aproximadamente, dejando penosamente a Venezuela sin una porción importante de la generación de relevo”. Lo anteriormente mencionado, indica la falta de médicos pediatras en el territorio nacional, causando que los niños deban esperar largos períodos de tiempo por un diagnóstico asertivo por parte de los médicos y aún más tiempo por la asignación de un tratamiento apto para atender la enfermedad diagnosticada.

Para los niños menores de cinco años, la constante atención médica es una necesidad. El diagnóstico temprano de enfermedades es de vital importancia ya que se puede disminuir la mortalidad de ciertas enfermedades si se detectan y se tratan en sus primeras etapas, además se pueden incrementar las posibilidades de éxito en los tratamientos para contrarrestar dichas enfermedades, se disminuyen las secuelas y complicaciones de estas, y por supuesto, se disminuye el costo de la asistencia médica como tal. Sin embargo, el diagnóstico temprano de enfermedades no es un proceso tan sencillo de realizar, debido a que este puede ser inexacto y desacertado. Según el Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos (2022) la tercera causa principal de muerte en los Estados Unidos es la negligencia médica, la cual incluye diagnósticos equivocados y tratamientos incorrectos (ver gráfico 3).

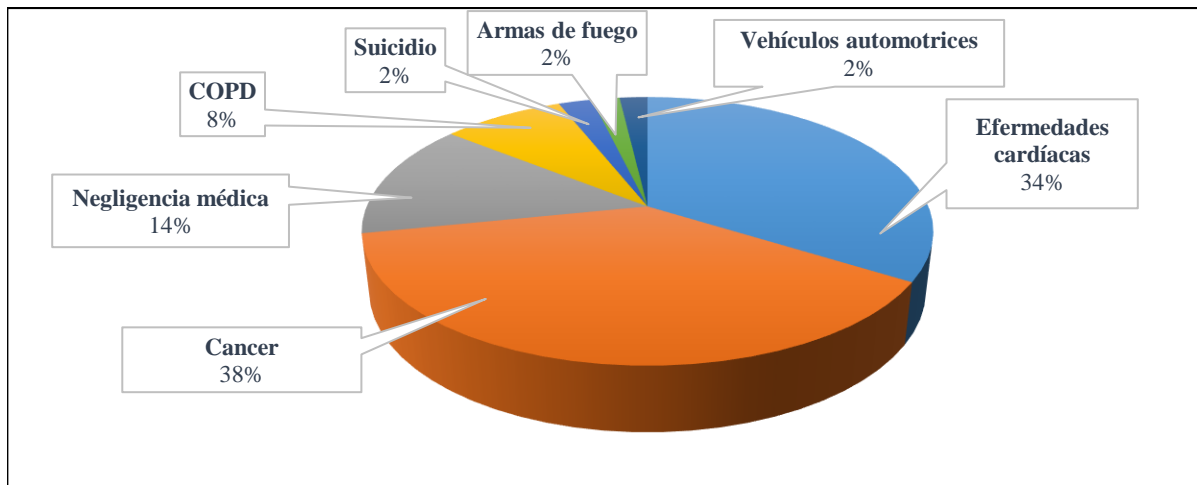


Gráfico 3. Estimación de causas de muerte en los Estados Unidos. Estimación para el año 2022, ambos sexos.

Fuente: Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos (2022).

Parte de la dificultad del diagnóstico de enfermedades comunes es la alta variabilidad de estilos de vidas, condiciones médicas previas, genética, edad y muchos aspectos más. Por ello, se han desarrollado nuevas tecnologías para optimizar la atención médica, utilizando la implementación de la Inteligencia Artificial (AI). En esta área las aplicaciones combinan esencialmente el poder de procesamiento con el conocimiento y experiencia de los expertos en el campo de medicina para facilitar tareas como el diagnóstico, la administración de los

hospitales, la atención, cirugías, entre otras aplicaciones. Para el diagnóstico, se lleva a cabo el análisis de grandes volúmenes de datos poder hacer pronósticos acertados basados en el historial y comportamiento del paciente. De este modo, según el Banco de Desarrollo de América Latina (2021):

“El uso de la AI, además de la automatización de tareas, ayuda con la planificación, el diagnóstico y el pronóstico de los pacientes, logrando que la atención médica sea más eficiente, pues no solo reduce costos, sino que también permite el análisis remoto de resultados, lo que redundaría en una mejor distribución de los servicios de atención médica. El uso de las capacidades de la IA en un entorno de telemedicina ayuda a reducir la carga en el personal clínico, lo que tiene un alto impacto en una mayor dedicación al cuidado de los pacientes.”

Es por ello que, la existencia de la Inteligencia Artificial, invita a plantear también la utilidad de esta tecnología en el nicho del diagnóstico temprano de enfermedades comunes para niños menores de cinco años. Aún más, luego del desarrollo y auge de las diferentes ramas de la Inteligencia Artificial, como lo son el Machine Learning y la más actual todavía, el Deep Learning, el cual utiliza modelos de redes neuronales para la toma de decisiones. Este último, requiere de un procedimiento de entrenamiento en el cual se utilizan grandes cantidades de registros de datos médicos para poder estimar y generar un diagnóstico asertivo y realista.

Esto lleva a considerar la necesidad de ampliar los medios e instrumentos de asistencia médica que ofrezca el diagnóstico, seguimiento de los pacientes, conexión con especialistas de la salud y recomendaciones de tratamientos para que las enfermedades sean tratadas a tiempo utilizando sistemas basados en modelos de Deep Learning, con el objetivo de ofrecer un servicio de salud accesible, fácil de usar y de alta calidad.

1.2. Formulación del Problema

En base a lo anteriormente descrito, se hace necesario plantear la siguiente interrogante:

- ¿Cómo se puede mejorar la asistencia médica primaria para el diagnóstico temprano de enfermedades pediátricas?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

- Desarrollar una aplicación web de atención médica primaria para el diagnóstico temprano de enfermedades pediátricas mediante un modelo Deep Learning.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Indagar el proceso de diagnóstico de enfermedades pediátricas llevado a cabo por médicos especialistas.
- Determinar los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.

- Diseñar la aplicación web de atención médica y la arquitectura de la red neuronal más apropiada para el diagnóstico de enfermedades pediátricas.
- Entrenar la red neuronal mediante la utilización de registros e historiales médicos.
- Realizar pruebas de calidad al sistema para la depuración de errores y verificación de su óptimo funcionamiento.

1.4. Justificación de la Investigación

La salud constituye un interés general para las personas ya que es importante mantener un constante bienestar físico y mental, sin embargo, diferentes factores pueden causar la aparición de cuadros clínicos y sintomáticos que afecten a la salud del individuo, por lo tanto, es de gran importancia acudir a procedimientos específicos y atención médica primaria para combatir lo antes posible los síntomas y las posibles enfermedades que puedan desarrollarse a partir de ellos.

En base a lo anterior, el presente trabajo de investigación tiene como finalidad el desarrollo de una aplicación que acelere y optimice el diagnóstico de enfermedades pediátricas comunes. La cual pretende ser una ayuda, soporte y punto de partida para que los padres puedan obtener un diagnóstico en corto tiempo de las enfermedades comunes que puedan padecer sus hijos, aportando así un posible tratamiento o refiriendo a un médico especialista en caso de ser necesario. Esto representa una gran ayuda, ya que es de gran preocupación tener a un individuo menor de edad presentando un cuadro sintomático en casa con desconocimiento de qué enfermedad pueda estar padeciendo.

De igual forma, podrá ser un asistente para los médicos pediatras, disminuyendo la cantidad de casos de estudio y horas de trabajo para diagnosticar enfermedades pediátricas comunes que puedan ser tratadas rápida y sencillamente en casa; permitiendo así, que los médicos pediatras puedan invertir su tiempo en casos más complejos. Además, al ser un avance tecnológico en el área de la salud, el desarrollo de esta aplicación web expande el uso de las nuevas tecnologías y la Inteligencia Artificial en el área de la pediatría, contribuyendo al desarrollo de sistemas eficaces y óptimos, que generarán un alto impacto en el futuro del área involucrada. Asimismo, compete a todos los involucrados en la salud, clínicas y hospitales, para acelerar el proceso de diagnóstico y también para empresas con departamentos de recursos humanos que deseen ofrecer un sistema de atención médica para los padres dentro de la organización.

Además, se justifica el presente trabajo de investigación según se encuentra inserta en la línea de investigación: Desarrollo de nuevas tecnologías de la información y comunicación,

lo cual hace meritoria su relevancia para la Universidad José Antonio Páez, específicamente la Facultad de Ingeniería y la Escuela de Ingeniería de Computación.

1.5. Alcance y Limitaciones

El presente trabajo de investigación se basa principalmente en el desarrollo de una aplicación web de atención médica primaria para el diagnóstico temprano de enfermedades pediátricas utilizando un modelo Deep Learning. Dicha aplicación será capaz de brindar un diagnóstico estimado a los pacientes, considerando su historial médico y síntomas actuales, sin embargo, no se pretende suplantar o eliminar la presencia de un médico especialista durante el proceso. Es de vital importancia mencionar que un médico siempre será necesario en cualquier proceso que involucra la salud, lo que se busca con el sistema es ser un apoyo y acelerar el proceso de diagnóstico.

La aplicación estará optimizada para diagnosticar enfermedades comunes en niños menores de 5 años ubicados en la ciudad de Valencia, edo. Carabobo, Venezuela. Además, el estudio estará limitado por dos factores principales, el tiempo y el hardware, ya que el entrenamiento de redes neuronales demanda una gran capacidad de cómputo, y requiere de una cantidad considerable de tiempo para que estas arrojen resultados confiables y asertivos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de la investigación es necesario indagar las teorías y conceptos que ondean el problema. Por ello, en esta etapa de la misma, se busca construir un sistema coordinado y coherente de conceptos y proposiciones que permitan abordar el problema en su contexto teórico a fin de situarlo dentro de un conjunto de conocimientos, orientado a la búsqueda y que ofrezca una conceptualización adecuada de los términos que se utilizarán a lo largo del trabajo. Esta constituye uno de los aspectos más importantes dentro de la investigación. En términos generales, representa la “explicación” teórica para comprender la naturaleza del hecho investigado. Además, se analizan y exponen antecedentes, investigaciones, teorías y leyes consideradas válidas y confiables, en dónde se organiza y conceptualiza el estudio. En apoyo a estos argumentos, Sabino (2002) señala que:

El Marco Teórico, tiene un propósito: dar a la investigación un sistema coordinado y coherente de conceptos y proposiciones que permitan abordar el problema, es decir, se trata de integrar el problema dentro de un ámbito donde éste cobre sentido, incorporando los conocimientos previos referentes al mismo y ordenándolos de modo tal que resulten útiles en nuestra tarea (p. 47).

2.1. Antecedentes

Como paso preliminar para la elaboración de la presente investigación, se procedió a la revisión de investigaciones previas relacionadas con la problemática. De esta manera, los antecedentes de la investigación son indagaciones previas que sustentan el estudio sobre el mismo problema o se relacionan con otros, sirviendo de guía al investigador. En la búsqueda y recolección de información sobre investigaciones que hayan sido realizadas con anterioridad y relacionados con el tema de estudio, se ubicaron algunos que serán detalladas a continuación, que sirven de apoyo para el desarrollo de la investigación. Así mismo, Plata (2006), señala que los antecedentes de una investigación:

Se refieren a los estudios previos y tesis de grado relacionadas con el problema planteado, es decir, investigaciones realizadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con el problema en estudio. En este punto se deben señalar, además de los autores y el año en que se realizaron los estudios, los objetivos y principales hallazgos de los mismos (p. 43).

En este sentido, se presenta la investigación llevada a cabo por Torres (2022) para optar por el título de Ingeniero en Computación en la Universidad José Antonio Páez, Venezuela,

titulada **“Desarrollo de un modelo de Deep Learning para la automatización de los procesos de detección de tumores cerebrales”** se enfocó en acelerar y mejorar la velocidad y la precisión con la que se detectan y localizan tumores malignos a través de resonancias magnéticas del cerebro y ayudar en la detección temprana de tumores. Para ello, se realizaron encuestas en clínicas y hospitales para lograr recolectar información detallada que ayudó con la elaboración y ejecución del proyecto investigativo. También, se entrenaron 2 tipos de modelos de Deep Learning, uno que detectaba si el tumor existía o no, que funcionaba como filtro a partir de las resonancias magnéticas. Y una segunda red, la cual estuvo basada en un modelo con arquitectura RESUNET para localizar exactamente y segmentar la imagen con la región a la que corresponde la presencia de ese tumor. Su aporte a la presente investigación es la metodología empleada para diseñar la red neuronal apta y las pruebas realizadas para verificar el funcionamiento del sistema y veracidad de los resultados.

Por otro lado, Aure (2022) llevó a cabo una investigación titulada **“Desarrollo de un sistema de identificación de melanomas en la piel a partir de imágenes basado en Redes Neuronales Convolucionales”** para optar por el título de Ingeniero de Computación en la Universidad José Antonio Páez, Venezuela. Dicha investigación tuvo como objetivo lograr un diagnóstico rápido y confiable ante la sospecha de la presencia de melanoma en el paciente. Para ello se desarrolló el proyecto en cinco fases. La primera se basó en cuantificar las variables que intervienen en la identificación de melanomas en la piel. La segunda se enfocó en determinar los requerimientos funcionales y no funcionales inherentes al sistema, luego la tercera fue el desarrollo de la arquitectura de red neuronal más apropiada.

Asimismo, la cuarta fase fue el entrenamiento de la red neuronal dándole muestras de imágenes mostrando lunares benignos y melanomas cancerígenos. Finalmente, la quinta fue realizar las pruebas del sistema. Uno de los aportes principales de la investigación fue brindar una metodología práctica para llevar a cabo el proyecto, así como también la implementación de encuestas a médicos expertos en el área para obtener la información necesaria. Además, de ser un aporte teórico importante sobre cómo diseñar una red neuronal apropiada para la actividad que se desee realizar.

De igual manera, Romero (2021) desarrolló una investigación en la Universidad del Rosario, Colombia, para optar por el título de Ingeniería Biomédica, titulada **“Procesamiento del Lenguaje Natural para el Apoyo en el Diagnóstico de Tuberculosis”**. Dicha investigación tuvo como objetivo principal acelerar el proceso de diagnóstico de tuberculosis implementando un sistema basado en Inteligencia Artificial (IA), el cual utilizó como base de datos la información contenida en 151 historias clínicas electrónicas. Entre los principales

aportes de esta investigación se tiene primeramente la metodología para determinar cómo abordar el problema. En este caso, se estudió y analizó el proceso de diagnóstico de la enfermedad realizado comúnmente por los médicos y se buscó replicar el mismo proceso utilizando IA. Asimismo, se empleó el uso del lenguaje natural, el cual es una rama de la IA, para el preprocesamiento del texto contenido en las historias clínicas, con el fin de eliminar componentes que no aportaban información relevante. Para así, buscar una representación de texto en forma numérica, para que los modelos de IA pudieran manejar los datos y estos pudieran identificar y aprender los patrones en el texto.

Por otro lado, Sánchez y Núñez (2019) desarrollaron una investigación titulada **“Diagnóstico de Enfermedades Endémicas con redes neuronales artificiales a través WEKA”** para optar por una maestría en Ciencias Aplicadas en la Universidad Nacional de Pilar, Paraguay. El objetivo principal de la investigación fue utilizar la Inteligencia Artificial aplicando la metodología de redes neuronales artificiales que permitieron realizar la clasificación en base a síntomas principales, a través del entrenamiento de datos en la herramienta WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis (Weka, s.f.)). El modelo de redes neuronales artificiales que utilizaron contempló 4 síntomas o neuronas para la capa de entrada, 4 capas ocultas con 4 neuronas respectivamente, y 4 capas de salida que corresponde a las enfermedades endémicas. La utilización de redes neuronales artificiales pudo ofrecer una clasificación de enfermedades endémicas óptimas, como Dengue, Influenza y Gastroenteritis, a los profesionales médicos que realizan consultas en los hospitales públicos. El aporte más significativo de este trabajo consistió en que ofrece una fundamentación teórica y metodológica sobre herramientas y formas de la investigación de datos dentro del Deep Learning y redes neuronales. Así como también, una referencia de diseño de modelo de red neuronal.

Finalmente, el trabajo de García (2019) quien llevó a cabo una investigación en la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, titulada **“Aplicativo web como herramienta de ayuda para el médico a realizar un prediagnóstico de Fibrosis Quística basado en los síntomas por medio de lógica difusa en inteligencia artificial”** para optar por el título de Ingeniero de Sistemas y Computación. Esta investigación tuvo como objetivo mejorar y acelerar los procesos de diagnóstico por parte de los médicos con la ayuda de la lógica difusa, la cual es una rama de la Inteligencia Artificial. El aporte principal de dicha investigación toma lugar en el análisis de los síntomas de los pacientes a través de la lógica difusa, esta se refiere a la lógica aplicada a conceptos que pueden tomar un valor cualquiera de veracidad dentro de un conjunto de valores que oscilan entre dos extremos, la verdad absoluta y la falsedad total.

Esto brinda y sirve de aporte para la presente información, una forma de analizar los síntomas que presenta un paciente añadiéndole nivel de intensidad a los mismos.

2.2. Bases Teóricas

Según Arias, F (2004), las bases teóricas son “un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado.” (p.41). De la misma manera, las bases teóricas son un punto sumamente importante de la investigación, mediante su elaboración se realiza un análisis de todos los puntos que afectan el estudio, es decir, los aspectos generales del tema, comprendiendo un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado y a su vez sustentan la investigación con los aportes de distintos autores para una sustentación a nivel científico.

Asimismo, en toda investigación es necesario una fundamentación teórica o documental, es por ello que se llega a este punto de la estructura metodológica para darle credibilidad a dicho estudio. Finalmente, una buena base teórica formará la plataforma sobre la cual se construye el análisis de los resultados obtenidos en el trabajo, sin ella no se puede analizar los resultados.

2.2.1. Sistema

Según Mudrick y Ross (1982), un sistema puede definirse como:

Un conjunto de partes o una serie de elementos que integran una actividad, un procedimiento o un plan de procesamiento, el cual busca una meta o metas comunes, mediante la manipulación de datos, energía o materia, en una referencia de tiempo, para proporcionar información, energía o materia.

A su vez, un sistema posee entradas, que luego de un proceso generan salidas. Para las ciencias de la computación y específicamente, en el desarrollo de software, estas salidas son generadas a partir de datos que son introducidos por el usuario. Este dato ingresado puede ser interpretado como cualquier información que la computadora pueda comprender, y que el sistema creado sea capaz de procesar. Este proceso debe estar orientado a producir una salida que brinde una respuesta clara y en concordancia con el objetivo del sistema.

2.2.2. Sistema Web

Un sistema web se refiere a una aplicación informática que puede utilizarse accediendo desde cualquier dispositivo a un servidor web a través de internet. En este sentido, Barners (2022), afirma que, “un sistema web se constituye como un sistema de distribución de información basado en hipertexto o hipermedios enlazados accesibles a través de internet”. Las aplicaciones web son altamente usadas hoy en día, debido a lo práctico que es ejecutarlas desde

un navegador web, independientemente del sistema operativo que se esté utilizando. Además, hacer uso de aplicaciones web permite ahorrar costes de hardware y software, facilitan el trabajo colaborativo y a distancia, aumentan la accesibilidad para el público, son escalables y permiten una rápida actualización.

2.2.3. Aplicación de eHealth

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la eHealth o eSalud se define como el “uso de las tecnologías de la información y la comunicación de forma segura y rentable en todos los campos que tienen que ver con la salud”. Aquí se incluyen la atención médica, la vigilancia, la salud, la investigación y el conocimiento. El objetivo principal de las aplicaciones de eHealth es mejorar la atención médica de manera generalizada, brindando un servicio de alta calidad, sostenible y que cumpla con los parámetros de la medicina. Dependiendo de cómo se elija definirlo, eHealth abarca una amplia variedad de subdominios de salud digital, tales como:

- Registros electrónicos de salud (EHR).
- Registros médicos electrónicos (EMR).
- Telesalud y telemedicina.
- Sistemas informáticos de salud.
- Datos de TI de salud del consumidor.
- Asistencia sanitaria virtual.
- Salud móvil (mHealth).
- Sistemas de Big Data utilizados en salud digital.

2.2.4. Sistemas Expertos

El concepto de Sistema Experto es amplio y su definición puede variar de acuerdo al punto de vista de los autores. Sin embargo, un fundamento común que puede ser extraído de todas ellas es que, un Sistema Experto es aquel con pericia en la solución de problemas y que a su vez incluye razonamientos, habilidades y conocimientos acerca de un dominio particular, para resolver los problemas de forma similar a la de un experto humano. Esto es respaldado por la definición de Turban (1995), quien indica que “son sistemas que emplean conocimiento humano capturado en una computadora para resolver problemas que normalmente requieran de expertos humanos”.

En base a los anterior, los Sistemas Expertos imitan el razonamiento de los seres humanos, actuando tal y como lo haría un experto en cualquier área del conocimiento, logrando que la información crítica requerida para que el sistema funcione sea explícita en lugar de

implícita, ya que, en los programas informáticos tradicionales, la lógica está incrustada en fragmentos de código que por lo general son solo revisadas por especialistas en las tecnologías de la información. De esta manera, los Sistemas Expertos pueden ser utilizados por humanos no expertos para mejorar sus habilidades en la resolución de problemas y también como asistentes para expertos. Estos pueden funcionar mejor que cualquier humano experto individualmente tomando decisiones en una específica y acotada área de pericia, denominado como dominio.

2.2.5. Arquitectura de un Sistema Experto

No existe una estructura de sistema experto común. Sin embargo, la mayoría de los sistemas expertos tienen componentes básicos los cuales son: la base de conocimientos, el motor de inferencia, la base de datos y la interfaz con el usuario. También pueden tener un módulo de explicación y un módulo de adquisición del conocimiento (ver figura 1). La base de conocimientos contiene el conocimiento especializado extraído del experto en el dominio, es decir, el conocimiento general sobre el dominio en el que se trabaja. Por otro lado, la base de datos o base de hechos es una parte de la memoria la computadora que se utiliza para almacenar los datos recibidos inicialmente para la resolución de un problema. De esta manera, el motor de inferencias es un programa que controla el proceso de razonamiento que seguirá el Sistema Experto, el cual utiliza los datos que se le suministran y recorre la base de conocimientos para alcanzar una solución. Finalmente, la interfaz es el espacio donde el usuario interactúa con el sistema para poder visualizar de manera clara y sencilla la información proporcionada por el motor de inferencia.

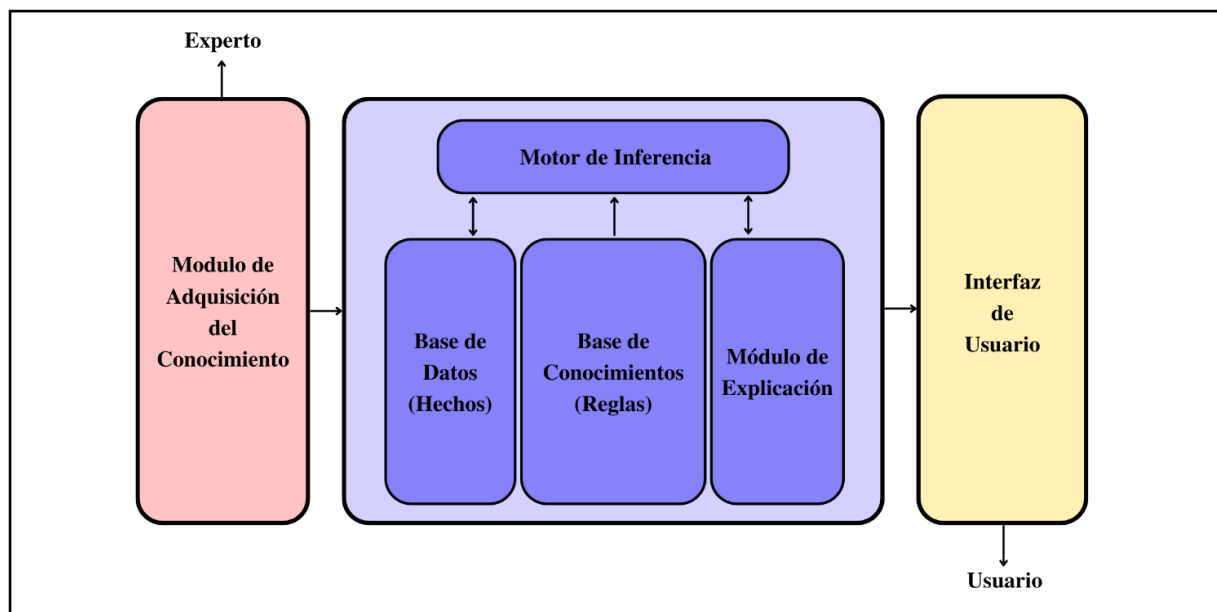


Figura 1. Arquitectura de un Sistema Experto.

Fuente: Suárez y Ariza (2023).

2.2.6. Deep Learning

Deep Learning es un subcampo del Machine Learning (ML), el cual se concentra en el aprendizaje mediante capas sucesivas de representación. El concepto de profundidad (depth), “no hace referencia a la profundidad del entendimiento obtenido, sino a la cantidad de capas o niveles de representación que contribuyen a la red”, según Chollet (2017). Adicionalmente, el Deep Learning está basado en el algoritmo de las redes neuronales, las cuales, bajo distintas arquitecturas, han demostrado tener un buen rendimiento en campos como visión por computadora, reconocimiento de voz, procesamiento de lenguaje natural, entre otros.

Una definición formal fue introducida por McCulloch e Pitts, en el año 1943, sin embargo, se utilizará la definición más moderna mostrada por Petersen & Voigtlaender, en el año 2018. En consecuencia, y aunque se utiliza una función arbitraria (conocida como función de activación), popularmente se utilizan las funciones adoptadas del escrito de Petersen, Raslan, e Voigtlaender (2020) como son ReLU, parametric ReLU y Sigmoid, entre otras. En pocas palabras, el adjetivo “deep” en Deep Learning se refiere al uso de múltiples capas, esto es cuando el número L en la representación anterior es grande, donde cada una de estas extrae una representación de alto nivel de las características intrínsecas en la data.

Para hacer esto, la transformación implementada por una capa es parametrizada por sus pesos donde entendemos como aprendizaje el hecho de obtener un conjunto de pesos para todas las capas de la red, de tal manera que dicha red podrá mapear ejemplos (entradas) a sus “targets” asociados. Para poder realizar esta tarea, se debe medir la diferencia entre las salidas obtenidas y las esperadas, dicha diferencia se alcanza mediante la función de pérdida o “loss function” en inglés. La función de pérdida toma las predicciones de la red y los targets esperados y calcula un valor de distancia entre éstos. Finalmente, este valor es utilizado para ajustar los pesos de las capas con el fin de disminuir el valor conseguido por la función de pérdida.

2.2.7. Perceptrón Multicapa (MLP)

El Perceptrón Multicapa o Multi Layer Perceptron (MLP) es, de acuerdo a Razzak (2018), “una estructura que consiste en una capa de entrada, seguida de una o varias capas ocultas encargadas de realizar transformaciones de los datos iniciales” (ver figura 2). Los resultados obtenidos en estas capas están conectados con una capa de salida, que produce el output final del sistema. El flujo de información siempre recorre la red de izquierda a derecha. El proceso de entrenamiento de un perceptrón multicapa consiste en los siguientes pasos:

1. Se inicializan aleatoriamente los pesos.
2. Se propaga la entrada hacia adelante.
3. Se calcula el error cometido y se vuelve atrás.

4. Se adaptan los pesos iniciales.
5. Se vuelve al paso 2 hasta que se obtienen los valores deseados.

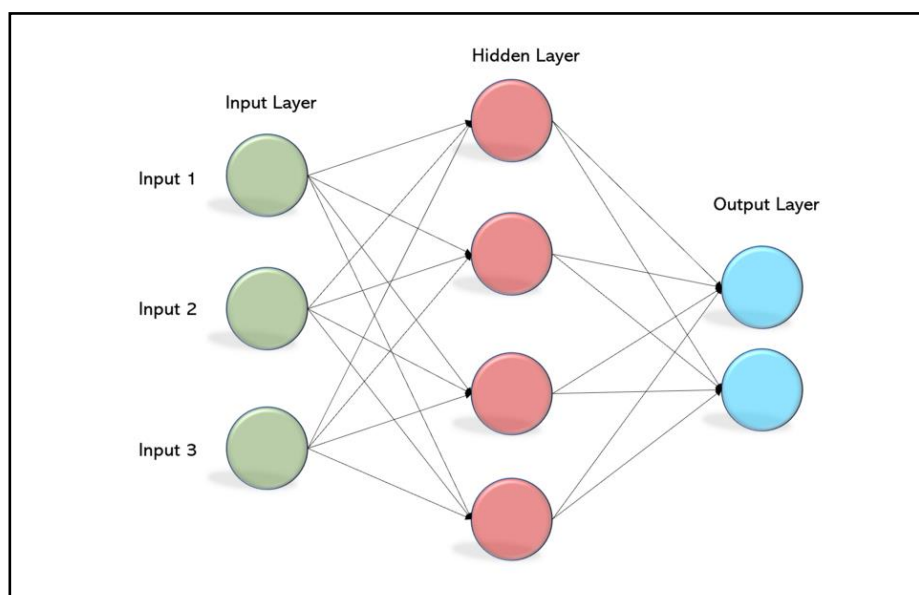


Figura 2. Estructura básica de un Multi Layer Perceptron (MLP).

Fuente: Mohanty (2019) “Multi-layer Perceptron (MLP) Models on Real World Banking Data”.

El principal problema de estos sistemas consiste en que los perceptrones multicapa no son capaces de extrapolar correctamente. Es decir, si no se realiza un entrenamiento correcto de la red o la cantidad de iteraciones no es suficiente, se pueden obtener salidas imprecisas. Además, estas redes dependen de un gran número de capas para alcanzar potencias suficientes. Un gran número de capas ocultas implicará que las primeras capas del sistema tendrán un impacto mucho menor, debido a que los algoritmos de propagación reducirán el error obtenido en su camino hacia el principio de la red.

Sin embargo, no todo son desventajas en estos sistemas. Los MLP cuentan con un gran número de ventajas. Entre ellos, se trata de sistemas tolerantes a fallos, fácilmente extensibles y capaces de aproximar cualquier función con el grado de precisión deseado (aproximador universal). Estas ventajas han sido aprovechadas por tecnologías posteriores, como las redes convolucionales profundas o CNNs.

2.2.8. TensorFlow

TensorFlow es una librería de código libre para ML, cuyo objetivo consiste en satisfacer las necesidades a partir de redes neuronales artificiales. TensorFlow permite construir y entrenar redes neuronales para detectar patrones y razonamientos usados por los humanos. Es desarrollado por Google Brain, una división de investigación de Google dedicada a la Inteligencia Artificial. En general, esta plataforma facilita la creación e implementación de

modelos de aprendizaje automático. También permite crear y entrenar modelos de aprendizaje automático con facilidad mediante APIs intuitivas.

Seguidamente, el sector sanitario es uno de los que más se pueden beneficiar de este tipo de herramientas. Uno de los casos más comunes dentro de este sector es el análisis de las radiografías. Gracias a la Inteligencia Artificial, las redes neuronales pueden encontrar anomalías en las radiografías, facilitando y agilizando ciertos procesos médicos.

2.2.9. Método Adam (Estimación Adaptativa del Momento)

El algoritmo Adam es una de las herramientas actuales más usadas para los procesos de optimización. Y es definido por Kingma (2015), como un “poderoso y sencillo algoritmo que permite hacer búsquedas con el menor tiempo, número de pasos y de la mejor forma posible o conocida hasta nuestros tiempos”. Dichas características caen dentro del campo de la optimización y es una ruta de conexión natural con las aplicaciones de Inteligencia Artificial donde el objetivo es hacer decisiones correctas, lógicas o razonables en el menor tiempo posible.

2.3. Bases Legales

Palella y Stracruzzi (2017) indican que las bases legales “son las normativas jurídicas que sustenta el estudio desde la carta magna, las leyes orgánicas, las resoluciones decretos entre otros” (p.55). Es importante que se especifique el número de articulado correspondiente, así como una breve paráfrasis de su contenido a fin de relacionarlo con la investigación a desarrollar. Por otra parte, las bases legales son todas aquellas leyes las cuales deben guardar una relación con la investigación de estudio, los artículos deben ser copiados tal como son.

2.3.1. Artículo 108 y 110 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

Las bases legales de esta investigación se encuentran representadas, en primer lugar, en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), de donde se destaca el Artículo 108 y 110, capítulo IV cuando establece que: El conjunto de normas, así como los principios fundamentales por los que se debe regir el pueblo de la República Bolivariana de Venezuela.

Artículo 108. Los medios de comunicación social, públicos y privados, deben contribuir a la formación ciudadana: El Estado garantizará servicios públicos de radio, televisión y redes de bibliotecas y de informática, con el fin de permitir el acceso universal a la información. Los centros educativos deben incorporar el conocimiento y aplicación de las nuevas tecnologías, de sus innovaciones, según los requisitos que establezca la ley.

Artículo 110. El Estado reconocerá el interés público de la ciencia, la tecnología, el conocimiento, la innovación y sus aplicaciones y los servicios de información necesarios por

ser instrumentos fundamentales para el desarrollo económico, social y político del país, así como para la seguridad y soberanía nacional. Lo anterior confirma la responsabilidad del estado de brindar los instrumentos necesarios para el desarrollo tecnológico de su nación.

2.3.2. Artículos 1° de la Ley de Telecomunicaciones y 5° de la Ley Orgánica de la Administración Central, en Consejo de Ministros

Asimismo, de conformidad con lo previsto en el artículo 110, en concordancia con lo dispuesto en los artículos 1° de la Ley de Telecomunicaciones y 5° de la Ley Orgánica de la Administración Central, en Consejo de Ministros. (mayo, 2000).

Artículo 1°. Se declara el acceso y el uso de internet como política prioritaria para el desarrollo cultural, económico, social y político de la República Bolivariana de Venezuela.

Artículo 5°. El ministerio de Educación, cultura y Deportes dictara las directrices tendentes a instruir sobre el uso de Internet, el comercio electrónico, la interrelación y la sociedad del conocimiento. Para la correcta implementación de lo indicado, deberán incluirse estos temas en los planes de mejoramiento profesional del magisterio. De allí, se declara el acceso y el uso de internet como política prioritaria para el desarrollo cultural, económico, social, y político de la República Bolivariana de Venezuela.

2.3.3 Decreto con Fuerza de Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación

Otro de los basamentos legales está representado en el Decreto con Fuerza de Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (agosto 2005) nos refiere:

Artículo 29°. El Ministerio de Ciencia y Tecnología creará mecanismos de apoyo, promoción y difusión de invenciones e innovaciones populares, propiciando su transformación en procesos, sistemas o productos que generen beneficios a la población o logren un impacto económico o social.

Artículo 56°. El Ejecutivo Nacional estimulará la formación del talento humano especializado, a través del financiamiento total o parcial de sus estudios e investigaciones y de incentivos, tales como, premios, becas, subvenciones, o cualquier otro reconocimiento que sirva para impulsar la producción científica, tecnológica y de innovación.

Artículo 57°. El Ministerio de Ciencia y Tecnología impulsará la Carrera Nacional del Investigador, para lo cual se promoverán los instrumentos legales necesarios para su aplicación. En atención a lo establecido en los artículos, los lineamientos para impulsar el desarrollo del capital humano y de sus capacidades de creación, absorción y difusión de conocimientos y tecnologías, constituyendo el eje fundamental de los grandes procesos de cambios.

2.4. Definición de Términos

La definición de términos básicos consiste en dar el significado preciso y según el contexto a los conceptos principales, expresiones o variables involucradas en el problema formulado. Según Tamayo (1993), la definición de términos básicos “es la aclaración del sentido en que se utilizan las palabras o conceptos empleados en la identificación y formulación del problema.” (p. 78).

Enfermedades pediátricas. Se definen como las enfermedades presentadas en los bebés y niños. Las más frecuentes son las infecciones causadas por virus y bacterias, sobre todo las que afectan al sistema respiratorio y digestivo.

Aprendizaje automático. Se define como la capacidad de las computadoras de aprender y actuar como los humanos. Esto incluye el desarrollo de su aprendizaje en forma autónoma a lo largo del tiempo, proporcionándoles datos como interacciones del mundo real y otro tipo de observaciones.

Aprendizaje profundo. Es el resultado del trabajo de una red neuronal. A medida que las capas procesan los datos, más allá de entender qué es algo, la IA comienza a aprender el por qué. Hay diferentes ejemplos de aprendizaje profundo: la visión artificial es una aplicación de aprendizaje profundo que puede "entender" imágenes digitales.

Aprendizaje reforzado. Implica dar a la IA un objetivo que no está definido con una métrica específica, sino que se requiere encontrar una solución o mejorar la eficiencia. En lugar de encontrar una respuesta específica, la IA ejecutará varias hipótesis e informará los resultados para evaluar y ajustar las siguientes suposiciones.

Aprendizaje supervisado. En el modelo de IA se proporciona la respuesta correcta con anticipación: la IA conoce tanto la pregunta como la respuesta. Este método de preparación es el más común, porque define los modelos de pregunta y respuesta ofreciendo la mayor cantidad de datos.

Aprendizaje sin supervisión. Los modelos de IA pueden aprender por sí mismos, sin tener que alimentarles estructuras predefinidas. Utilizan capas y capas de información no estructurada, procesan los datos, establecen las relaciones existentes entre ellos y encuentran un patrón en los mismos.

Red neuronal. Con un diseño similar al sistema nervioso y al cerebro humanos, una red neuronal organiza las etapas de aprendizaje para dar a la IA la capacidad de resolver problemas complejos dividiéndolos en niveles de datos. Las redes neuronales aplican la táctica de la división en conjuntos de datos más pequeños para ir superando cada capa de su aprendizaje.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Balestrini (2006) define el marco metodológico como:

La instancia referida a los métodos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real. De allí que se deberán plantear el conjunto de operaciones y técnicas que se incorporan en el despliegue de la investigación en el proceso de la obtención de los datos. El fin esencial del marco metodológico es el de situar en el lenguaje de investigación los métodos e instrumentos que se emplearán en el trabajo planteado, hasta la codificación, análisis y presentación de los datos. De esta manera se proporcionará al lector una información detallada sobre cómo se realizará la investigación (pp. 114).

En el marco metodológico de la presente investigación, se especifica el procedimiento de cómo se solucionará el problema propuesto en su totalidad. De esta forma se describe la metodología, el procedimiento y los tipos de muestras empleados para recaudar y disponer los datos indispensables para la culminación del trabajo de grado.

3.1. Tipo de Investigación

Teniendo en cuenta que la presente investigación tiene como objetivo principal el desarrollo de una aplicación web, la cual pretende ser utilizada como solución a diferentes problemas y necesidades, se determinó que el tipo de investigación del presente trabajo es “Proyecto Especial”, el cual está descrito según Mijares H, García E (2007), como:

Creaciones tangibles, susceptibles de ser utilizadas como soluciones a problemas demostrados, o que respondan a necesidades e intereses de tipo cultural. Se incluyen en esta categoría los trabajos de elaboración de libros de textos y de materiales de apoyo educativo, el desarrollo de software y hardware, prototipos y de productos tecnológicos en general.

3.2. Diseño de la Investigación

Primeramente, una investigación documental es aquella que se realiza a partir de la información encontrada en documentos de cualquier especie, como fuentes bibliográficas, hemerográficas o archivísticas. Como sustento de lo anteriormente mencionado, Arias (2006) describe la investigación documental como “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresos, audiovisuales o electrónicas.” (p. 27).

Es importante recalcar que la investigación de fuentes teóricas es parte fundamental en la construcción del conocimiento, de modo tal que deberá ser un proceso cuidadoso, ya que ordena las ideas y las centra en objetivos específicos. Para el desarrollo del trabajo teórico se

utilizarán fuentes bibliográficas como artículos científicos, libros y tratados médicos sobre temas relacionados y que representen un aporte para la investigación, también para efectuar el trabajo práctico relacionado con el procesamiento de los síntomas y el diagnóstico se emplearán libros y manuales sobre el software y librerías a utilizar.

Sin embargo, la investigación a efectuar también será de campo ya que para el desarrollo del sistema se requiere interacción con profesionales en el área que doten del criterio médico pertinente y de parámetros significativos reales que permitan ir corrigiendo errores en los resultados del diagnóstico previo mediante la manipulación de datos que mejore la precisión del sistema. Se empleará un enfoque predominantemente cuantitativo que será contrastado con el enfoque cualitativo provisto por el médico especialista; ya que mediante la recolección y análisis de datos empíricos de diversas fuentes sobre el tema a tratar y el desarrollo del sistema propuesto se podrá dar respuesta a cada una de las preguntas de investigación y comprobar la hipótesis planteada en base a los resultados obtenidos sin afectar de ninguna forma al fenómeno de estudio. De esta manera, Arias (2006) define la investigación de campo como aquella que “consiste en la recolección de todos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variables algunas, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes.”

3.3. Nivel de la Investigación

La presente investigación se fundamenta dentro de una metodología de investigación de tipo descriptivo, Arias (2006) afirma que “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”. Conociendo el nivel de investigación bajo el cual se rige este trabajo, se realizará una investigación descriptiva, porque se observa y se describe el fenómeno, que en este caso es la presencia de síntomas de enfermedades en niños, con cada una de sus características y niveles de intensidad, para así el sistema sea capaz de determinar el tipo de enfermedad que padece.

3.4. Población y Muestra

Tomando en cuenta la definición dada por Arias (2006), quien señala que:

La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio (p. 81).

Para el presente proyecto, se tomará como población a los médicos pediatras que desarrollan su trabajo en el Hospital Metropolitano del Norte y en el Centro Médico Guerra Méndez, ubicados en la ciudad de Valencia, edo. Carabobo.

Por otro lado, se establece que: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Arias, 2006, p. 83). Para este caso, se utilizará una muestra no probabilística por conveniencia, también llamada muestra dirigida por conveniencia, para lo cual Sampieri (2014) menciona que una muestra no probabilística se refiere a que “la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características del investigador o del que hace la muestra (p. 207)”. Y a su vez, una muestra probabilística por conveniencia se caracteriza porque “las muestras son seleccionadas porque son accesibles para el investigador” (Sampieri, 2014, p. 207). De esta manera se define que la muestra de la presente investigación estará delimitada por veinticinco (25) médicos pediatras que desarrollan su trabajo en el Hospital Metropolitano del Norte y en el Centro Médico Guerra Méndez, ubicados en la ciudad de Valencia, edo. Carabobo.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.5.1. Técnicas de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos son, definidas por Arias (2006 p. 146), como “las distintas formas o maneras de obtener información”. Para lograr los objetivos de la investigación se debe elegir la técnica y el instrumento de recolección de datos. Es por ello que, para efecto de esta investigación, las técnicas de recolección de datos utilizadas serán la revisión documental, la observación directa y la entrevista. De esta manera, la revisión documental permite identificar las investigaciones elaboradas con anterioridad, las autorías y sus discusiones. Según Hurtado (2008, p 427), la revisión documental “es una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la toma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros o como texto que en sí mismo constituyen los eventos de estudio”. Para esta investigación se aplicará la técnica de revisión documental, consultando textos asociados a la información, con el fin de obtener una base de conocimiento.

Asimismo, la observación directa es definida por los autores Hernández, Fernández y Baptista (2006: 316) como “el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conducta manifiesta”. A través de esta técnica el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación. Por otra parte, Según Heinemann (2003) aporta que, con la observación directa “se tiene un contacto directo con los elementos o caracteres en los cuales se presenta el fenómeno que se pretende investigar, y los resultados obtenidos se consideran datos estadísticos originales”. Para la presente investigación, se utilizará la observación directa para la recopilación de datos y el análisis del proceso de diagnóstico de enfermedades pediátricas, debido a que se llevará a cabo un estudio profundo del mismo para poder ser recreado a través de la aplicación web.

Para finalizar, Corbetta (2007) mencionó que las entrevistas son “una conversación provocada por un entrevistador con un número considerable de sujetos elegidos según un plan determinado con una finalidad de tipo cognoscitivo. Siempre está guiada por el entrevistador, pero tendrá un esquema flexible no estándar”. Para recoger la información que permita desarrollar el proyecto se efectuarán visitas a diferentes instituciones entre casas de salud y laboratorios particulares, con la finalidad de acceder a mayor información sobre el proceso de diagnóstico de enfermedades pediátricas comunes, para así, con el apoyo de especialistas que aporten el conocimiento médico, se logre omitir errores en el diagnóstico que emita el sistema en cuanto a sus respectivos diagnósticos formales.

3.5.2. Instrumentos de Recolección de Datos

De acuerdo a lo expuesto por Tamayo y Tamayo (2007), el instrumento se define como una ayuda o una serie de elementos que el investigador construye con la finalidad de obtener información, facilitando así la medición de los mismos. Para Chávez (2007), “los instrumentos de investigación son los medios que utiliza el investigador para medir el comportamiento o atributo de la variable. Con el propósito de obtener la información necesaria, es muy importante definir con claridad las técnicas e instrumentos de recolección que se utilizaron, ya que estuvieron destinados a conocer las necesidades y así recolectar los datos de la realidad aplicados a la situación a estudiar, para su posterior análisis; con el fin de determinar las necesidades del objeto estudiado.

Principalmente, para la revisión documental, se utilizará como instrumento una computadora donde se llevará el registro de toda la información recopilada. Para la observación directa, se utilizarán como instrumentos la cámara de un teléfono celular para recopilar los fenómenos observados y un cuaderno de notas. Finalmente, para la entrevista se utilizará un cuestionario, según el autor Tamayo y Tamayo (2008: 124), señala que “el cuestionario contiene los aspectos del fenómeno que se consideran esenciales; permite, además, aislar ciertos problemas que nos interesan principalmente”. En este caso, el cuestionario estará conformado por ocho (8) preguntas enfocadas en tres áreas principales (ver apéndice A); el proceso de diagnóstico de enfermedades a través de la determinación de síntomas que presenta un paciente, la demanda laboral que presentan los médicos pediatras actualmente y la viabilidad de la implementación y uso de herramientas informáticas en el área.

3.6. Validación del Instrumento

Con respecto a la validez del instrumento, Hernández, Fernández y Baptista (2006), señalan que, “un instrumento (o técnica) es válido si mide lo que en realidad pretende medir. La validez es una condición de los resultados y no del instrumento en sí” (p. 107). Además, la

validez puede efectuarse a juicio de expertos; es decir, con personas de gran experiencia en investigación o largo tiempo de servicio y conocedores del área inherente al problema estudiado. Por lo tanto, para conseguir la validez de los instrumentos aplicados en el presente estudio, se consultará la opinión de tres (03) profesionales en el área de Metodología, con amplia experiencia en la elaboración de cuestionarios y entrevistas (ver apéndice B).

3.7. Fases Metodológicas

El objetivo principal de la investigación planteada es desarrollar una aplicación web para el diagnóstico temprano de enfermedades pediátricas mediante un modelo de Deep Learning, el cual estará enfocado para el uso de adultos, padres y familiares que deseen un diagnóstico rápido y asertivo según los síntomas presentados por el niño(a). Con la finalidad principal de obtener información sobre la posible enfermedad y ser redirigido a un experto para una revisión completa y así optimizar el tiempo de diagnóstico y evitar la sobrecarga de trabajo a los expertos en el área. Para cumplir con dicho objetivo, se deben tomar en cuenta 5 aspectos importantes para llevar a cabo la metodología, que a su vez definen cada fase de la misma y serán descritas a continuación:

Fase I: Identificación de las variables que intervienen en el proceso de diagnóstico de enfermedades pediátricas.

Para el desarrollo de dicha fase, se recogerá toda la información obtenida por parte de los médicos especialistas seleccionados como muestra, haciendo uso de los instrumentos de recolección de datos documentados, donde se resalta la aplicación de entrevistas no estructuradas, permitiendo así conocer la visión de quienes poseen mayor experiencia en el diagnóstico de enfermedades pediátricas y los factores que dificultan el mismo.

Fase II: Determinación de los requerimientos funcionales y no funcionales inherentes al sistema de diagnóstico de enfermedades pediátricas.

Los requerimientos funcionales se determinarán a partir de la información recopilada por parte de los médicos especialistas y del análisis de aplicaciones similares existentes. Estos serán de suma importancia ya que diagramarán las actividades y las funciones que debe realizar la aplicación. En cuanto a los requerimientos no funcionales surgirán de la necesidad del usuario, debido a las restricciones en el presupuesto, a las políticas de la organización, a la necesidad de interoperabilidad con otros sistemas de software o hardware o a factores externos como los reglamentos de seguridad, las políticas de privacidad, entre otros.

Fase III: Diseño de la aplicación web de atención médica y la arquitectura de la red neuronal más apropiada para el diagnóstico de enfermedades pediátricas.

Se creará una aplicación web la cual será capaz de diagnosticar enfermedades pediátricas a través de una lista de síntomas introducidos por el usuario en un formulario. Para ello, primero se deberá diseñar la interfaz de la aplicación web y luego se creará un modelo capaz de analizar los síntomas de los pacientes, mediante técnicas de Deep Learning, para así obtener el diagnóstico.

Fase IV: Entrenamiento del modelo de diagnóstico de enfermedades pediátricas.

Para ello, se realizará un análisis inicial de los distintos frameworks y librerías de Deep Learning disponibles para entrenar el modelo utilizando el lenguaje JavaScript, seleccionando las opciones más prometedoras. Utilizando las tecnologías seleccionadas, se crearán benchmarks analizando los resultados y tiempos de entrenamiento. El entrenamiento de la red, hecho de manera adecuada, establecerá el éxito o el fracaso del sistema.

Fase V: Realización de pruebas para la verificación de la eficacia del modelo de diagnóstico entrenado.

Finalmente, se realizarán pruebas mediante casos reales, utilizando historias clínicas y casos clínicos obtenidas a lo largo del año. Y se implementará la aplicación de apoyo médico, utilizando la interfaz previamente creada para que sea de fácil acceso para los usuarios. Estas pruebas permitirán determinar si el software tiene un funcionamiento adecuado y, además, evalúa si los requisitos preestablecidos fueron cumplidos. En el caso de haber existido la condición de error, se procederá a corregir las fallas encontradas.

3.8. Cuadro de Operacionalización de Variables

OBJETIVO GENERAL: Desarrollar una aplicación web de atención médica primaria para el diagnóstico temprano de enfermedades pediátricas mediante un modelo Deep Learning.

Cuadro 1. Cuadro de Operacionalización de Variables.

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INFORMACIÓN
Analizar el proceso de diagnóstico de enfermedades pediátricas llevado a cabo por médicos especialistas.	Procedimientos	Técnicas rutinarias empleadas por el especialista.	Características de los exámenes y procedimientos.	1	Entrevista estructurada. De preguntas abiertas.
	Factores físicos	Afecciones físicas que indiquen la existencia de síntomas o enfermedades.	Características de las afecciones, signos y síntomas.	2	
				3	
	Preguntas frecuentes	Tipo de preguntas realizadas con el fin de facilitar el diagnóstico.	Cuestionarios sobre datos del paciente, antecedentes y hábitos.	4	
	Secuencia	Secuencia de exámenes llevados a cabo para la detección de enfermedades.	Rutinas de exámenes generales.	5	
	Demanda	Demanda de pacientes con respecto a médicos disponibles en el área.	Cantidad de pacientes que ingresan a los centros médicos.	6	
			Cantidad de especialistas disponibles.		
	Urgencia	Influencia en la decisión de asistir más o menos temprano a un centro de atención médica.	Tiempo de respuesta de los representantes del paciente.	7	
Softwares similares	Existencia de softwares similares que optimicen el desarrollo de diagnósticos.	Características de los sistemas informáticos existentes.	8		

Fuente: Suarez y Ariza (2023)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo, se exponen los resultados de la investigación obtenidos tras la implementación de las técnicas e instrumentos de recolección de datos mencionados en el capítulo previo. Además, se detalla el desarrollo de las fases metodológicas, lo cual permite evaluar todos los parámetros e indicadores con el fin de abordar y resolver los objetivos planteados en el proyecto de investigación.

4.1. Fase I: Identificación de las variables que intervienen en el proceso de diagnóstico de enfermedades pediátricas

Para la identificación de las variables y aspectos más importantes que intervienen en el proceso de diagnóstico de enfermedades infecciosas comunes en niños de 0 a 5 años, se aplicó una entrevista a médicos pediatras especialistas trabajadores del Hospital Metropolitano del Norte y del Centro Médico Guerra Méndez, ubicados en la ciudad de Valencia, edo. Carabobo. También durante la entrevista se agregaron preguntas relacionadas con la implementación de sistemas de información o software actualmente en la ciudad.

4.1.1. Entrevista

Luego de haber aplicado la entrevista a veinticinco (25) médicos pediatras, se seleccionaron diez (10) respuestas más resaltantes. Los resultados de la entrevista fueron los siguientes:

- 1. ¿A través de que procedimientos identifica los signos y síntomas de una enfermedad?**

Tabla 1. Respuestas a la Pregunta 1 de la Entrevista

Identificación Médico	Respuesta
1	Para identificar los signos y síntomas de una enfermedad, utilizo un enfoque basado en la observación detallada y la entrevista abierta con los padres del niño. Me esfuerzo por crear un ambiente donde se sientan cómodos compartiendo todos los detalles que puedan ser relevantes.

2	Creo que es crucial una combinación de exámenes físicos minuciosos y análisis de laboratorio. Aunque los padres aportan información vital, también es importante la evidencia objetiva que nos proporcionan estas pruebas.
3	Tengo una fuerte inclinación por el enfoque holístico. Considero tanto los síntomas físicos como los psicológicos, y tomo en cuenta factores ambientales y sociales que podrían estar influyendo en la salud del niño.
4	Me enfoco en la interacción directa con el niño. Creo que es esencial tratar de comunicarse con ellos en su nivel para entender realmente lo que están experimentando.
5	Yo diría que confío en una combinación de historial médico, examen físico y, si es necesario, pruebas diagnósticas adicionales como análisis de sangre o imágenes. Siempre es importante tener una imagen completa.
6	La relación personal y la observación directa, creo firmemente en el valor del examen físico y la historia clínica.
7	Con mi experiencia, he aprendido a confiar en mi intuición clínica. Por supuesto, confirmo mis sospechas con pruebas de laboratorio y exámenes físicos.
8	Me enfoco en una historia clínica completa, lo que incluye entender la genética y los factores de estilo de vida. Los exámenes físicos y las pruebas de laboratorio proporcionan piezas del rompecabezas, pero también necesitamos ver el cuadro general.
9	La comunicación es clave. Creo que entender los síntomas de un niño comienza con una buena comunicación con el niño y los padres. Luego, complemento esto con un examen físico y pruebas de diagnóstico según sea necesario.
10	La medicina es tanto un arte como una ciencia. Mientras que las pruebas de diagnóstico y los exámenes físicos son esenciales, también se trata de escuchar y entender al paciente, conectar los puntos entre los síntomas y tener la empatía para entender su experiencia.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Breve Análisis: Con esta pregunta se pueden determinar los factores claves en el proceso de diagnóstico para los médicos pediatras, siendo primeramente la observación directa de los síntomas que presenta el paciente, la comunicación asertiva con los padres del mismo, el chequeo y análisis de la historia clínica y finalmente los exámenes o pruebas de laboratorio necesarias para realizar el diagnóstico.

2. ¿Qué factores físicos tangibles hacen posible detectar síntomas en pacientes del área pediátrica?

Tabla 2. Respuestas a la Pregunta 2 de la Entrevista

Identificación Médico	Respuesta
1	El comportamiento de un niño es un indicador muy tangible. Cambios en el apetito, patrones de sueño alterados o inusual irritabilidad pueden ser señales de que algo anda mal.
2	La apariencia física puede ser un factor clave. Por ejemplo, la palidez, la hinchazón o los sarpullidos pueden ser señales visibles de una enfermedad.
3	Los signos vitales son siempre el primer paso. Las alteraciones en la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal o la presión arterial pueden ser indicativos de una variedad de condiciones.
4	El lenguaje corporal es importante, especialmente para los niños que no pueden expresarse completamente con palabras. La forma en que un niño se mueve o no se mueve puede decirnos mucho.
5	Las manifestaciones físicas de enfermedades pueden variar enormemente, pero algo que siempre valoro es el estado de la piel. La piel puede revelar mucho sobre la salud general de un niño, desde deshidratación hasta enfermedades más graves.
6	Los sonidos del cuerpo, como la respiración y los latidos del corazón, son factores tangibles vitales. Con un estetoscopio, podemos detectar anomalías que de otro modo podrían pasarse por alto.
7	Los cambios en el peso y la estatura de un niño pueden indicar problemas de salud. El crecimiento inadecuado puede ser una señal de malnutrición, trastornos hormonales o una serie de otras condiciones.

8	Observo los ojos de mis pacientes. Los ojos pueden revelar problemas como la ictericia o incluso las infecciones virales, y las ojeras pueden indicar falta de sueño o estrés.
9	El estado de conciencia y la capacidad de respuesta de un niño son aspectos fundamentales. Esto puede ayudarnos a identificar desde problemas neurológicos hasta enfermedades sistémicas que afectan la funcionalidad del cuerpo.
10	Considero que el sistema respiratorio es un factor tangible crucial. La respiración superficial o rápida, o la tos persistente, pueden ser signos de una variedad de condiciones, desde asma hasta infecciones pulmonares.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Breve Análisis: Con las respuestas recolectadas se puede determinar que hay una serie y gran variedad de síntomas físicos que deben ser considerados al momento de realizar un diagnóstico, como lo pueden ser los síntomas respiratorios, variaciones en la piel y ojos, y hasta cambios de humor y comportamiento en el paciente. De esta manera, se recolecta los principales síntomas que deben ser considerados al momento de realizar la simulación del proceso de diagnóstico.

3. ¿Qué factores físicos visibles hacen posible detectar síntomas en pacientes del área pediátrica?

Tabla 3. Respuestas a la Pregunta 3 de la Entrevista

Identificación Médico	Respuesta
1	La coloración de la piel es una herramienta de diagnóstico muy valiosa. Por ejemplo, una coloración azulada puede ser un signo de falta de oxígeno, mientras que la piel amarillenta puede indicar problemas hepáticos.
2	La coloración de la piel es una herramienta de diagnóstico muy valiosa. Por ejemplo, una coloración azulada puede ser un signo de falta de oxígeno, mientras que la piel amarillenta puede indicar problemas hepáticos.
3	Los signos de deshidratación son un factor físico visible que siempre observo. Esto puede incluir labios y boca secos, ojos hundidos y, en

	casos graves, piel que no vuelve rápidamente a su lugar cuando se pellizca.
4	Los ojos son las ventanas del alma, y también pueden ser las ventanas de la salud. Los ojos rojos o llorosos, las ojeras o incluso la dilatación de las pupilas pueden ser signos de enfermedad.
5	La respiración es un factor físico visible clave. Un patrón de respiración irregular o superficial puede ser una señal de problemas respiratorios o incluso de estrés y ansiedad.
6	El estado de la piel, el cabello y las uñas son factores visibles que observo. Los cambios en estos pueden indicar una serie de problemas, desde déficits nutricionales hasta enfermedades más serias.
7	Siempre observo la forma en que un niño camina y se mueve. La cojera, la rigidez o el movimiento torpe pueden ser signos de una serie de problemas, desde lesiones hasta enfermedades neurológicas.
8	La apariencia del abdomen puede ser un indicador útil. La hinchazón puede ser un signo de una serie de problemas digestivos y los movimientos de la respiración pueden indicar problemas respiratorios.
9	Considero que los cambios visibles en la conducta alimenticia, como la pérdida repentina de apetito o el comer en exceso, pueden ser signos importantes de problemas de salud físicos o emocionales.
10	Observo atentamente el crecimiento y desarrollo de mis pacientes. Si un niño está por debajo de los percentiles normales de crecimiento o muestra retrasos en el desarrollo, como en habilidades motoras o de lenguaje, eso puede ser un indicador visible de un posible problema de salud

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Breve Análisis: Las respuestas proporcionadas por estos diez médicos pediatras muestran la diversidad de enfoques en la detección de síntomas visibles en los pacientes pediátricos. Algunos médicos se enfocan en signos físicos específicos, como la postura, la coloración de la piel y los patrones de respiración, mientras que otros se centran en comportamientos o estados generales, como los cambios en la conducta alimenticia y las interacciones sociales. Las respuestas también reflejan cómo los médicos consideran tanto los signos físicos como los psicológicos, subrayando la importancia de una evaluación holística en la medicina pediátrica.

4. ¿Cuáles preguntas frecuentes suele hacer al representante del paciente?

Tabla 4. Respuestas a la Pregunta 4 de la Entrevista

Identificación Médico	Respuesta
1	Los cambios conductuales pueden ser indicativos de una variedad de problemas de salud, por eso siempre pregunto a los padres si han notado algún cambio reciente en el comportamiento de su hijo.
2	Una pregunta que a menudo hago es: ¿Cómo ha estado el apetito de su hijo últimamente? Los cambios en el apetito pueden ser un indicador de problemas de salud.
3	Frecuentemente pregunto sobre los patrones de sueño ya que los trastornos del sueño pueden ser un signo de varios problemas médicos.
4	Luego de hacer las preguntas directas sobre qué síntomas ha presentado en los últimos días, también suelo preguntar si ha habido algún cambio reciente en el rendimiento escolar del niño, ya que los problemas académicos pueden ser un indicador de problemas de salud física o mental.
5	Principalmente si el niño ha presentado fiebre y dolores en el cuerpo.
6	Me gusta empezar la conversación preguntando si el niño ha presentado un cambio de hábitos o de comportamiento en sus actividades del día a día, y luego pregunto por los síntomas, de manera ordenada desde la cabeza a los pies.
7	Pues aparte de todas las preguntas relacionadas con síntomas físicos, me gusta preguntar si el niño ha sufrido alguna situación traumática o si ha tenido un cambio de ánimo notorio.
8	Una pregunta super pertinente es si los padres presentan alguna preocupación específica que tenga sobre la salud de su hijo. Esta pregunta abierta a veces puede revelar problemas que de otro modo podrían pasar desapercibidos.
9	Suelo preguntar si han presentado fiebre, mocos y tos de primero. Luego pregunto sobre las deposiciones y problemas respiratorios.
10	Todo médico preguntará por los síntomas y niveles de azúcar y exámenes de sangre, sin embargo, cuando se trata de niños también

pregunto sobre sus actividades diarias, si ha cambiado algún hábito o comportamiento.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Breve Análisis: Las respuestas proporcionadas por estos médicos pediatras ilustran la importancia de la comunicación y la observación cuidadosa en el proceso del diagnóstico de enfermedades en niños. Las preguntas que hacen a los representantes del paciente están diseñadas para detectar cambios sutiles o emergentes en el comportamiento, el bienestar físico y el estado emocional del niño. Esto incluye cambios en la conducta, apetito, patrones de sueño, rendimiento escolar, actividades físicas e interacciones sociales. Estas preguntas muestran la integralidad de la atención pediátrica, donde se valora al niño en su totalidad, y se tiene en cuenta su entorno y comportamiento, no solo sus síntomas físicos.

5. ¿Cuál es la secuencia que se lleva a cabo al realizar un examen general al paciente?

Tabla 5. Respuestas a la Pregunta 5 de la Entrevista

Identificación Médico	Respuesta
1	Inicio con una conversación tranquila y amigable para ayudar al niño a sentirse cómodo. Luego reviso las medidas de crecimiento como la altura y el peso. A continuación, realizo un examen físico general que incluye la revisión de ojos, oídos, garganta, corazón, pulmones y abdomen.
2	Comienzo con una revisión de la historia clínica y luego paso a la medición de las constantes vitales. Después, realizo un examen físico de arriba hacia abajo, comenzando con la cabeza y terminando con los pies, asegurándome de revisar el funcionamiento de los principales sistemas del cuerpo.
3	Empiezo con la historia médica y luego las constantes vitales. A continuación, sigo un enfoque sistemático para el examen físico: cabeza, cuello, tórax, abdomen, extremidades y finalmente la piel. Me aseguro de hacer un repaso detallado en cada etapa.
4	Inicio con la historia médica y luego miro las mediciones de crecimiento. A partir de ahí, realizo un examen físico general, poniendo un énfasis especial en cualquier área de preocupación que haya surgido durante la historia médica.

5	Primero hago un breve cuestionario para conocer los antecedentes médicos. Luego mido las constantes vitales y examino al niño de la cabeza a los pies. Finalmente, me tomo un tiempo para hablar con el niño y sus padres para discutir cualquier preocupación que tengan.
6	Comienzo con las medidas básicas y las constantes vitales. Luego, examino cada sistema del cuerpo, desde la cabeza hasta los pies. Durante todo el examen, me comunico constantemente con el niño para hacerle saber lo que estoy haciendo.
7	Después de obtener la historia clínica y revisar las mediciones de crecimiento, inicio el examen físico con la cabeza, luego paso al cuello, tórax, abdomen, y finalmente a las extremidades. Durante el proceso, observo cualquier anomalía en el comportamiento del niño.
8	Comienzo con una revisión de los antecedentes médicos. Luego, realizo un examen físico general, comenzando por la cabeza y terminando en los pies.
9	Realizo un examen físico de manera sistemática, empezando por la cabeza y terminando en los pies. Presto especial atención a la respiración y la piel.
10	Realizo un examen físico exhaustivo, comenzando por el cuero cabelludo y terminando en los pies. Durante todo el proceso, mantengo una comunicación abierta con el niño y los padres para entender mejor cualquier posible preocupación o anomalía.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Breve Análisis: El análisis de las respuestas indica que todos los médicos pediatras siguen un procedimiento estructurado durante el examen general de un paciente pediátrico, aunque cada uno con su toque personal. Esto incluye una conversación inicial, una revisión de la historia clínica y la medición de constantes vitales como primeros pasos. Los exámenes físicos también parecen ser sistemáticos, normalmente desde la cabeza hasta los pies. Sin embargo, hay variaciones en el enfoque de cada médico, por ejemplo, algunos prestan atención especial a las mediciones de crecimiento, mientras que otros enfocan su atención en las interacciones y comportamientos del niño durante la visita. Estas variaciones son el reflejo de la individualidad de cada médico y su método particular de interactuar con y evaluar a sus pacientes.

6. ¿Considera alta la demanda de pacientes con respecto a la cantidad de pediatras disponibles en el área? ¿Por qué?

Tabla 6. Respuestas a la Pregunta 6 de la Entrevista

Identificación	Respuesta
Médico	
1	Sí, considero que la demanda es alta. A menudo, los pacientes tienen que esperar para obtener una cita debido a la limitada disponibilidad de pediatras. También trabajo en un hospital y las filas para atender a los niños son eternas.
2	No necesariamente. Aunque en algunas zonas puede haber una alta demanda, en otras puede haber suficientes pediatras. Creo que el problema es más de distribución de los recursos médicos que de la cantidad de médicos.
3	No podría decir que la demanda es alta, creo que la demanda se mantiene igual solo que en algunas zonas y centros médicos si se siente la falta de personal capacitado.
4	Si hay una alta demanda, pero también una falta de recursos altísimo, lo que dificulta mucho la atención a pacientes.
5	Considero que la demanda es bastante alta, particularmente en ciertas épocas del año como durante la temporada de gripe. Luego de la pandemia también se ha mantenido mucho la demanda.
6	En mi opinión, la demanda está en aumento, particularmente en áreas rurales y de bajos recursos. Esto puede ser un reflejo de la creciente población y la falta de acceso a servicios médicos adecuados. Sin embargo, en clínicas privadas no considero que hay aumento de demanda.
7	Sí, veo una alta demanda de servicios pediátricos. Creo que esto se debe a la creciente conciencia de la importancia de la atención temprana y regular de la salud infantil
8	Honestamente, no creo que la demanda es alta. Mas bien, se debería concientizar más a los padres llevar a sus hijos al pediatra.

9	Creo que la demanda es alta y sigue creciendo. El estrés de la pandemia ha intensificado la necesidad de servicios de salud mental para los niños, lo que ha aumentado la demanda de pediatras.
10	Definitivamente veo una alta demanda, sobre todo en ciertas especialidades dentro de la pediatría como la endocrinología y la psiquiatría infantil.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Breve Análisis: Las respuestas a esta pregunta reflejan una variedad de perspectivas sobre la demanda de servicios pediátricos. La mayoría de los médicos entrevistados perciben una alta demanda, citando factores como la creciente población infantil, la conciencia de la importancia de la atención temprana y regular, la necesidad de servicios de salud mental para niños y la falta de recursos y personal capacitado. Un par de los entrevistados mencionan la distribución desigual de los recursos, donde algunas áreas pueden tener suficientes pediatras, mientras que otras experimentan una escasez. Por otro lado, algunos médicos sienten que la demanda no es necesariamente alta, sino que se mantiene igual o se debería fomentar más. Este análisis resalta la complejidad y multifacética naturaleza del sistema de salud, y cómo las percepciones pueden variar dependiendo de la ubicación y las circunstancias específicas de cada médico.

7. ¿Como considera que la implementación de la aplicación web influya en la urgencia de asistir a un centro de atención médica?

Tabla 7. Respuestas a la Pregunta 7 de la Entrevista

Identificación Médico	Respuesta
1	Creo que la aplicación puede ser de gran ayuda en la determinación de la urgencia para asistir a un centro de atención médica. Puede proporcionar orientación y tranquilizar a los padres, especialmente cuando los síntomas son leves. Sin embargo, es crucial que los padres sepan que la aplicación no puede reemplazar una consulta médica en caso de síntomas graves o persistentes.
2	La aplicación web podría desempeñar un papel significativo en la toma de decisiones de los padres. Con información de calidad a su alcance, podrían tener una idea más clara de la gravedad de los síntomas de sus

	hijos. Sin embargo, también existe el riesgo de autodiagnóstico erróneo, por lo que los pediatras deben estar involucrados en el proceso.
3	Una aplicación web bien diseñada podría disminuir las visitas innecesarias al centro médico al proporcionar consejos sobre el cuidado en casa para condiciones menores. Pero también podría tener el efecto contrario si los padres malinterpretan la información. La formación y la orientación son clave para su correcto uso.
4	Las aplicaciones web pueden ofrecer un valor significativo para ayudar a los padres a entender cuándo deben buscar atención médica. Aunque la aplicación no debería reemplazar el consejo médico directo, puede servir como una herramienta de apoyo y guía.
5	La implementación de una aplicación web puede ser útil para identificar problemas que requieren atención urgente y para orientar sobre cómo manejar problemas menores en casa. Pero, es fundamental recordar que la aplicación es solo una herramienta y no puede reemplazar una evaluación médica en persona.
6	Me parece un poco peligroso, sería crucial establecer parámetros claros para asegurar que los casos que requieren atención médica urgente no sean pasados por alto.
7	Creo que la aplicación puede ser un complemento muy útil para los servicios médicos existentes. Puede ayudar a los padres a tomar decisiones más informadas sobre cuándo es necesario buscar atención médica. Sin embargo, siempre hay un riesgo de sobrediagnóstico o infra diagnóstico, por lo que la aplicación debe usarse con prudencia.
8	Honestamente no me gustaría utilizar una aplicación para atender a mis pacientes. A menos que se coloque bien claro que los usuarios deben ser conscientes de sus limitaciones y no deben evitar la atención médica cuando sea necesario.
9	Si, una aplicación puede proporcionar un recurso útil para los padres y puede reducir la demanda en los centros de atención médica al responder a preguntas simples.
10	La aplicación puede ser un recurso valioso para orientar a los padres sobre cuándo se requiere atención médica urgente. Sin embargo, es

importante enfatizar que la aplicación es una herramienta de apoyo, no un sustituto del juicio médico profesional y la atención personalizada que proporciona un pediatra en un entorno clínico.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Breve Análisis: Las respuestas reflejan un consenso general de que una aplicación web puede ser una valiosa herramienta de apoyo para ayudar a los padres a entender la gravedad de los síntomas y decidir cuándo buscar atención médica urgente. Sin embargo, los médicos también expresaron preocupaciones. Estas incluyen el riesgo de autodiagnóstico erróneo, la posibilidad de malinterpretación de la información por parte de los padres, y la importancia de entender que la aplicación no puede reemplazar la evaluación médica en persona. Algunos pediatras se mostraron escépticos sobre el uso de una aplicación para el diagnóstico y el tratamiento, citando el riesgo de sobrediagnóstico o infra diagnóstico. En general, los médicos destacaron la importancia de la formación, la orientación y la claridad sobre las limitaciones de la aplicación para su uso efectivo y seguro.

8. ¿En la actualidad, los pacientes y/o especialistas hacen uso de herramientas informáticas similares para el diagnóstico de enfermedades? ¿Cómo funcionan?

Tabla 8. Respuestas a la Pregunta 8 de la Entrevista

Identificación	Respuesta
Médico	
1	En Venezuela, el uso de herramientas informáticas para el diagnóstico es algo limitado debido a la falta de recursos y a problemas de acceso a Internet. Sin embargo, algunos profesionales utilizan aplicaciones para manejar y seguir el progreso de los pacientes.
2	Yo personalmente las utilizo solo para mantener mis registros médicos más organizados y accesibles.
3	Por lo general, en Venezuela, la mayoría de los especialistas no tienen la oportunidad de usar herramientas informáticas para el diagnóstico debido a la escasez de recursos. Sin embargo, hay esfuerzos por parte de algunos profesionales para utilizar lo que está disponible.
4	Bueno no estoy seguro si Excel es un sistema, pero personalmente lo uso para llevar seguimiento y contacto de los pacientes.
5	En clínicas privadas se lleva un registro increíble de las historias clínicas, sin embargo, personalmente no utilizo nada digital.

6	Se que existen muchas opciones, en otros países como Canadá y Estados Unidos tienen sistemas increíbles para el diagnóstico hasta de cáncer, pero de este tipo de apps que son para el uso privado no creo que sean muy utilizadas aquí.
7	Para el diagnóstico de enfermedades comunes no utilizo nada, y no creo que mis pacientes lo hagan tampoco. Me dejo llevar por mi experiencia.
8	La verdad es que no que yo conozca.
9	He escuchado de unas aplicaciones para el diagnóstico de cáncer y muchas enfermedades más pero aquí no he visto a nadie utilizándolas.
10	Para el diagnóstico no que yo sepa, para el seguimiento de los pacientes si se implementan con frecuencia.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Breve Análisis: El análisis de las respuestas indica una limitada utilización de herramientas informáticas para el diagnóstico de enfermedades en Venezuela, debido principalmente a la falta de recursos y problemas de acceso a Internet. Algunos médicos, sin embargo, han implementado soluciones pragmáticas como el uso de Excel para mantener registros y realizar un seguimiento de los pacientes. Las aplicaciones más avanzadas y específicas para el diagnóstico parecen ser escasamente utilizadas en la actualidad. Este panorama destaca la importancia de mejorar la accesibilidad a herramientas tecnológicas de salud en el país, pero también señala la capacidad de adaptación y resiliencia de los profesionales de la salud en condiciones adversas.

4.1.2. Coeficiente de Alfa de Cronbach

Para la validación de dicho instrumento se utilizó el cálculo de coeficiente del alfa de Cronbach, el cual es un método de cálculo del coeficiente de fiabilidad, que identifica esta como consistencia interna. El coeficiente Alfa de Cronbach oscila entre el 0 y el 1. Cuanto más próximo esté a 1, más consistentes serán los ítems serán entre sí (y viceversa). Por otro lado, hay que tener en cuenta que, a mayor longitud del test, mayor será alfa (α).

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right]$$

Donde:

K (Número de ítems) = 8

V_i (Varianza de cada ítem) = 1,5922314

V_t (Varianza total) = 4,6016

Sustituyendo en la formula se tiene que:

$$\alpha = 0,75$$

4.2. Fase II: Determinación de los requerimientos funcionales y no funcionales inherentes al sistema de diagnóstico de enfermedades pediátricas

Luego de haber recolectado la información necesaria sobre el proceso de diagnóstico de enfermedades infecciosas comunes en los niños a través de la entrevista aplicada a los médicos especialistas, se pudieron determinar los siguientes requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.

4.2.1. Requerimientos funcionales

1. Registro/Iniciar sesión para los usuarios del sistema.
2. Formulario para agregar pacientes que recolecte la información necesaria sobre la historia clínica del mismo, como edad, sexo, patologías previas y más.
3. Formulario de síntomas actuales para realizar el diagnóstico de la enfermedad que presenta el paciente.
4. La aplicación debe brindar un diagnóstico de la enfermedad presentada por el paciente mediante el análisis de los síntomas.
5. La aplicación debe brindar una breve descripción de la enfermedad diagnosticada, así como también de unas recomendaciones básicas.
6. Acceso al historial de diagnósticos realizados.
7. Lista de médicos pediatras disponibles para consulta en el estado Carabobo.
8. Lista de centros médicos disponibles en el estado Carabobo.

4.2.2. Requerimientos no funcionales

1. La plataforma debe presentar una interfaz de usuario estéticamente atractiva, intuitiva y fácil de comprender para facilitar la interacción entre el usuario y la aplicación.
2. La entrada de datos debe ser facilitada por formularios bien diseñados que aseguren una entrada de datos sencilla y sin errores.
3. Debe ser capaz de proporcionar un informe diagnóstico instantáneo en respuesta a la entrada de datos, permitiendo a los usuarios obtener resultados en tiempo real.
4. El sistema debe implementar modelos de aprendizaje automático y aprendizaje profundo de alta eficiencia que sean capaces de proporcionar resultados precisos sin comprometer la velocidad o el rendimiento de la plataforma.

5. El sistema debe ser compatible con múltiples plataformas, lo que permite a los usuarios acceder a la plataforma desde varios dispositivos y sistemas operativos.

4.3. Fase III: Diseño de la aplicación web de atención médica y la arquitectura de la red neuronal más apropiada para el diagnóstico de enfermedades pediátricas

Durante esta fase se llevó a cabo el diseño de la aplicación web siguiendo las especificaciones de los requisitos funcionales y no funcionales y con el apoyo de la metodología XP para el desarrollo de la misma. Así como también se determinó el modelo más apropiado de red neuronal para utilizar en el proceso de diagnóstico de enfermedades.

4.3.1. Actividad I: Diseño de casos de uso

Los Casos de Uso son componentes integrales del Lenguaje de Modelado Unificado (UML), diseñados para proporcionar descripciones simplificadas del comportamiento del software. Esta herramienta permite visualizar las acciones disponibles para cada usuario, en función de su nivel de acceso en el sistema. Para el presente sistema en específico, los actores identificados incluyen a un administrador principal y a los pacientes, médicos o cualquier otro individuo que desee registrarse como usuario. El administrador es el encargado de gestionar los usuarios agregados al sistema y los pacientes a los que se las ha realizado un diagnóstico mediante un panel de administrador.

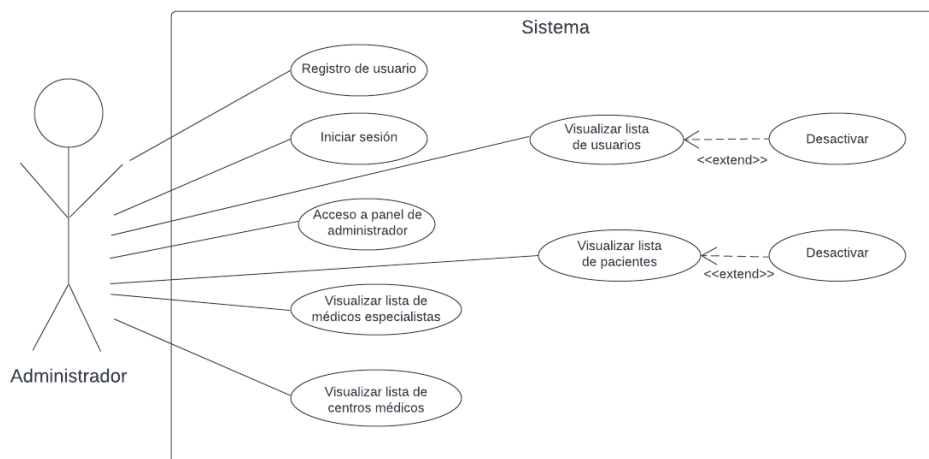


Figura 3. Diagrama de Caso de Uso (Administrador)

Fuente: Ariza y Suarez (2023)

Los usuarios representan el conjunto de individuos que pueden registrarse y acceder gratuitamente a la aplicación. Tras completar el proceso de registro, los usuarios obtendrán acceso a un formulario que registra la historia clínica del paciente. A partir de esta etapa, los

usuarios tendrán la posibilidad de rellenar un formulario de síntomas, el cual será la clave para el diagnóstico de posibles enfermedades. Además, los usuarios podrán visualizar una lista de médicos y centros de atención médica disponibles, proporcionando opciones para buscar asistencia médica adicional si se requiere. Finalmente, los usuarios podrán visualizar un historial de diagnóstico de todos sus pacientes y enfermedades diagnosticadas hasta el momento.

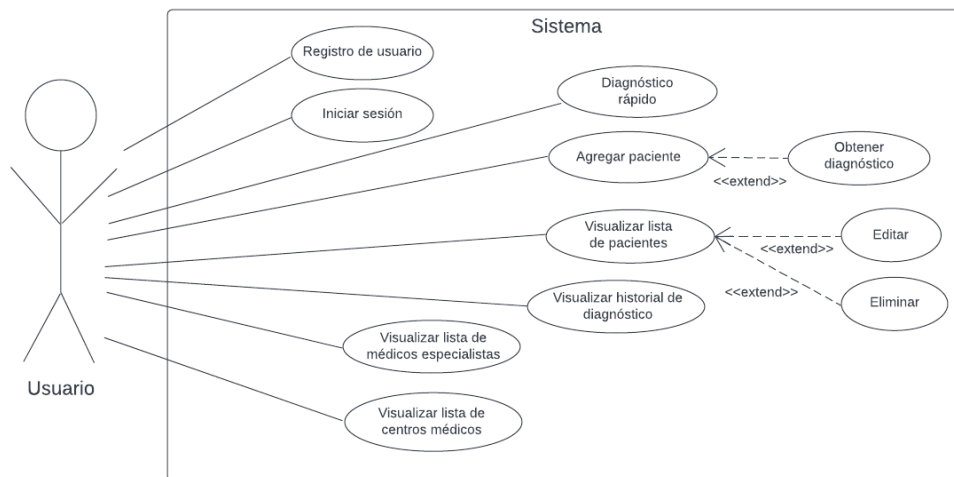


Figura 4. Diagrama de Caso de Uso (Usuario)

Fuente: Ariza y Suarez (2023)

4.3.2. Actividad II: Descripción de casos de uso

Las acciones que los actores pueden llevar a cabo en la plataforma web y en la aplicación móvil se traducen en una serie de interacciones clave que desencadenan y hacen funcionar la funcionalidad intrínseca del sistema. Cada acción ejecutada por los actores tiene una implicación directa en la operación y el rendimiento del sistema. Los actores en este contexto son las figuras participantes que interactúan con el sistema. Para este sistema específico, los actores principales son los administradores y los usuarios. Cada uno de estos actores tiene un conjunto de responsabilidades y acciones únicas que pueden llevar a cabo, las cuales en conjunto definen el flujo de datos del sistema.

Tabla 9. Caso de Uso (Registro de Usuario)

Registro de Usuario	
Actor: Administrador y Usuario	
Objetivo: Registrar un usuario	
Precondición: N/A	
Flujo normal:	Flujo alterno:
	<ul style="list-style-type: none"> • Los datos ingresados son inválidos.

<ul style="list-style-type: none"> • Entrar a la página de “Inicio” de la aplicación. • Seleccionar “Registrarse” en el menú de navegación. • Llenar el formulario de registro con los datos requeridos. • Presionar el botón para registrarse. • Se borran los datos llenados del formulario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se genera un mensaje de alerta indicando el error. • No se permite registrar el usuario hasta ingresar datos correctos. • Si el usuario ya existe, se redirige a la sección de “Inicio de Sesión”.
Postcondición: Se registra el usuario en el sistema.	

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Tabla 10. Caso de Uso (Iniciar Sesión)

Iniciar Sesión	
Actor: Administrador y Usuario	
Objetivo: Ingresar a la aplicación	
Precondición: Estar registrado en el sistema	
Flujo normal:	Flujo alterno:
<ul style="list-style-type: none"> • Entrar a la página de “Inicio” de la aplicación. • Seleccionar “Iniciar Sesión” en el menú de navegación. • Llenar el formulario de registro con los datos requeridos. • Presionar el botón para iniciar sesión. • Entrada a la aplicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los datos ingresados son inválidos. • Se genera un mensaje de alerta indicando el error. • No permite iniciar sesión hasta ingresar los datos correctos.
Postcondición: Se accede a la aplicación.	

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Tabla 11. Caso de Uso (Agregar Paciente)

Agregar Paciente	
Actor: Usuario	
Objetivo: Agregar paciente al rellenar datos de historia clínica	
Precondición: Iniciar sesión	
Flujo normal:	Flujo alterno:
<ul style="list-style-type: none"> • Entrar a la página de “Inicio” de la aplicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los datos ingresados son inválidos.

- Iniciar sesión con la cuenta correspondiente.
- Mostrar el panel inicial.
- Presionar la opción de “Historia Clínica”.
- Llenar el formulario con los datos requeridos.
- Presionar el botón de guardar los datos.
- Regresar al panel inicial.

Postcondición: Se completan los datos de la historia clínica.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Tabla 12. Caso de Uso (Rellenar Datos de Síntomas)

Rellenar Datos de Síntomas

Actor: Usuario

Objetivo: Rellenar datos de síntomas

Precondición: Iniciar sesión y agregar paciente

Flujo normal:

- Entrar a la página de “Inicio” de la aplicación.
- Iniciar sesión con la cuenta correspondiente.
- Mostrar el panel inicial.
- Presionar la opción de “Diagnóstico”.
- Llenar el formulario con los datos requeridos.
- Presionar el botón de diagnosticar enfermedad.
- Obtener resultados de la predicción.
- Regresar al panel inicial.

Flujo alterno:

- No se selecciona ningún síntoma del formulario.

Postcondición: Se visualiza una breve descripción del resultado.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Tabla 13. Caso de Uso (Visualizar Lista de Pacientes)

Visualizar Lista de Pacientes

Actor: Administrador y Usuario

Objetivo: Obtener información sobre los pacientes agregados

Precondición: Iniciar sesión y agregar paciente

Flujo normal:

- Entrar a la página de “Inicio” de la aplicación.

Flujo alterno:

- No hay pacientes agregados.

-
- Iniciar sesión con la cuenta correspondiente.
 - Mostrar el panel inicial.
 - Presionar la opción de “Pacientes”.
 - Visualizar la lista de los pacientes agregados.
 - Regresar al panel inicial.
-

Postcondición: Se visualiza la confirmación de que el paciente fue agregado.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Tabla 14. Caso de Uso (Editar Pacientes)

Editar Pacientes

Actor: Usuario

Objetivo: Editar la información sobre los pacientes agregados

Precondición: Iniciar sesión y agregar paciente

Flujo normal:

- Entrar a la página de “Inicio” de la aplicación.
- Iniciar sesión con la cuenta correspondiente.
- Mostrar el panel inicial.
- Presionar la opción de “Pacientes”.
- Seleccionar la opción de “Editar” para el paciente deseado.
- Agregar los nuevos datos.
- Guardar.
- Regresar al panel inicial.

Flujo alterno:

- Los datos ingresados son inválidos.
- Se genera un mensaje de alerta indicando el error.

Postcondición: Se visualiza la confirmación de que el paciente fue editado.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Tabla 15. Caso de Uso (Eliminar Pacientes)

Eliminar Pacientes

Actor: Usuario

Objetivo: Eliminar la información sobre los pacientes agregados

Precondición: Iniciar sesión y agregar paciente

Flujo normal:

- Entrar a la página de “Inicio” de la aplicación.

Flujo alterno:

- Los datos ingresados son inválidos.
-

- Iniciar sesión con la cuenta correspondiente.
- Mostrar el panel inicial.
- Presionar la opción de “Pacientes”.
- Seleccionar la opción de “Eliminar” para el paciente deseado.
- Regresar a la lista de pacientes.
- Se genera un mensaje de alerta indicando el error.

Postcondición: Se visualiza la confirmación de que el paciente fue eliminado.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Tabla 16. Caso de Uso (Visualizar Historial de Diagnóstico)

Visualizar Historial de Diagnóstico

Actor: Usuario

Objetivo: Obtener historial de los diagnósticos de cada paciente.

Precondición: Iniciar sesión, agregar paciente, agregar síntomas.

Flujo normal:

- Entrar a la página de “Inicio” de la aplicación.
- Iniciar sesión con la cuenta correspondiente.
- Mostrar el panel inicial.
- Presionar la opción de “Historial de Diagnóstico”.
- Visualizar la lista de los diagnósticos.
- Regresar al panel inicial.

Flujo alterno:

- No hay diagnósticos previos.

Postcondición: Se regresa al panel inicial.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Tabla 17. Caso de Uso (Visualizar Lista de Médicos Especialistas)

Visualizar Lista de Médicos Especialistas

Actor: Administrador y Usuario

Objetivo: Obtener soporte de médicos especialistas.

Precondición: N/A

Flujo normal:

- Entrar a la página de “Inicio” de la aplicación.
- Iniciar sesión con la cuenta correspondiente.
- Mostrar el panel inicial.
- Presionar la opción de “Médicos Especialistas”.

Flujo alterno:

- Se ingresa a la lista de médicos sin haber iniciado sesión.

- Visualizar la lista de los médicos junto con sus datos de contacto.
- Regresar al panel inicial.

Postcondición: Se regresa al panel inicial.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Tabla 18. Caso de Uso (Visualizar Lista de Centros Médicos)

Visualizar Lista de Centros Médicos

Actor: Administrador y Usuario

Objetivo: Obtener información de centros médicos cercanos.

Precondición: N/A

Flujo normal:

- Entrar a la página de “Inicio” de la aplicación.
- Iniciar sesión con la cuenta correspondiente.
- Mostrar el panel inicial.
- Presionar la opción de “Centros Médicos”.
- Visualizar la lista de los centros médicos junto con sus datos de contacto.
- Regresar al panel inicial.

Flujo alterno:

- Se ingresa a la lista de centros médicos sin haber iniciado sesión.

Postcondición: Se regresa al panel inicial.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

4.3.3. Actividad III: Modelo de base de datos

Luego de haber determinado al actor del sistema y sus casos de uso, se diseña el modelo de bases de datos, en este caso se determinó un modelo de dato relacional SQL y se ha usado la herramienta gestora de datos MySQL Workbench para la representación gráfica.

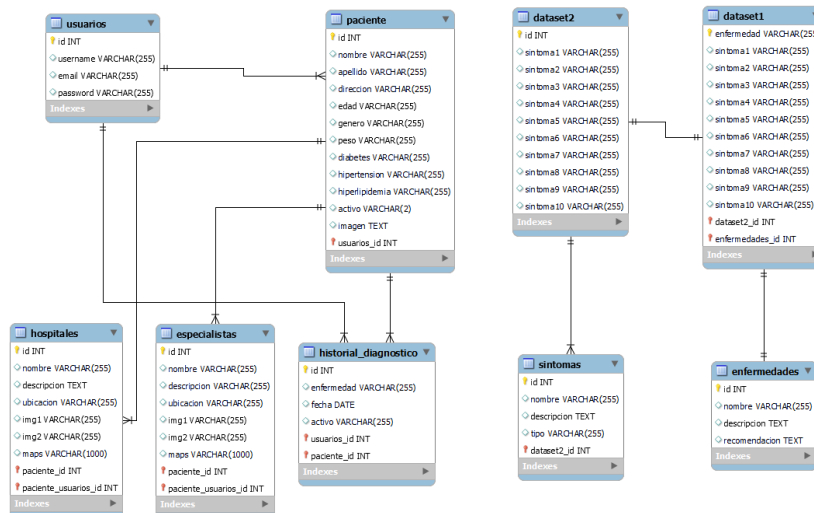


Figura 5. Diagrama de Base de Datos

Fuente: Ariza y Suarez (2023)

4.3.4. Actividad IV: Descripción de la arquitectura del sistema

La arquitectura de sistema es el modelo conceptual que define la estructura, el comportamiento y las vistas de un sistema. Para este proyecto se ha utilizado el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC), el cual representa una arquitectura de software, que separa los componentes del sistema en capas, en este podemos determinar: la interfaz de usuario, la lógica de programación y la interfaz que contiene los datos. Esta última se ha separado en tres servicios, siendo el primero el que posee todas las acciones y funciones básicas del sistema, que a su vez se conecta con el segundo que es una base de datos, y el tercero que se refiere a TensorFlow que se encarga de la Inteligencia Artificial utilizada para el diagnóstico de las enfermedades.

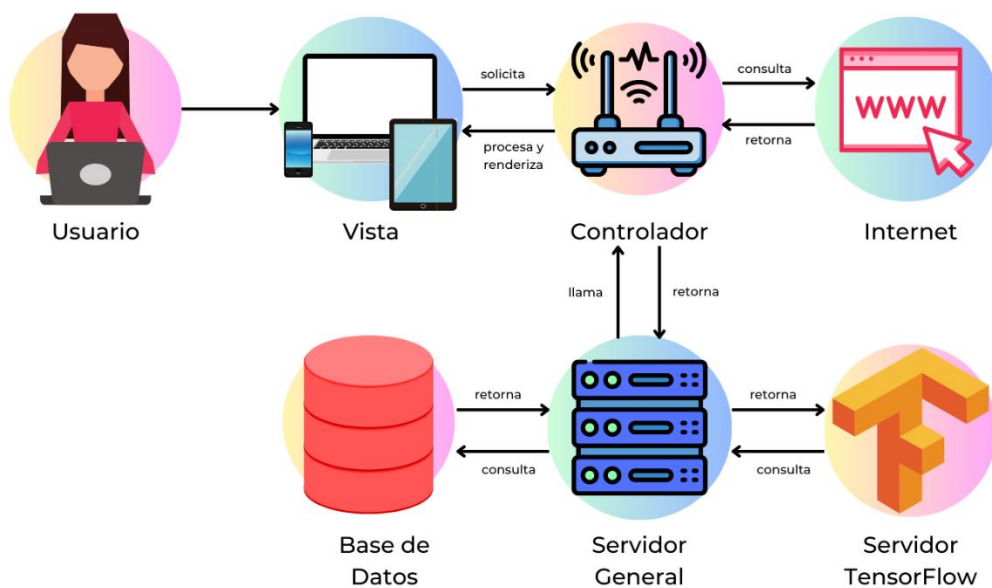


Figura 6. Diagrama de la Arquitectura del Sistema.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

4.3.5. Actividad V: Descripción del diseño del modelo para el diagnóstico de enfermedades

Para diseñar un modelo que permita el diagnóstico de enfermedades se debe llevar a cabo un procedimiento de entrenamiento y prueba (ver figura 6). Iniciando con la recopilación y el procesamiento de los datos, en este caso, de registros médicos que contengan una lista de síntomas y sus diagnósticos asociados. Luego, se realiza una "limpieza" o estructuración de los datos para que estos puedan ser correctamente analizados por el modelo de red neuronal seleccionado. Luego se entrena este algoritmo con una parte de los datos, permitiendo que "aprenda" a asociar ciertos conjuntos de síntomas con enfermedades específicas. Después de la fase de entrenamiento, se pone a prueba el modelo con la parte restante de los datos para

evaluar su rendimiento y precisión. El modelo resultante debe ser capaz de predecir la enfermedad más probable cuando se le proporciona una nueva lista de síntomas.

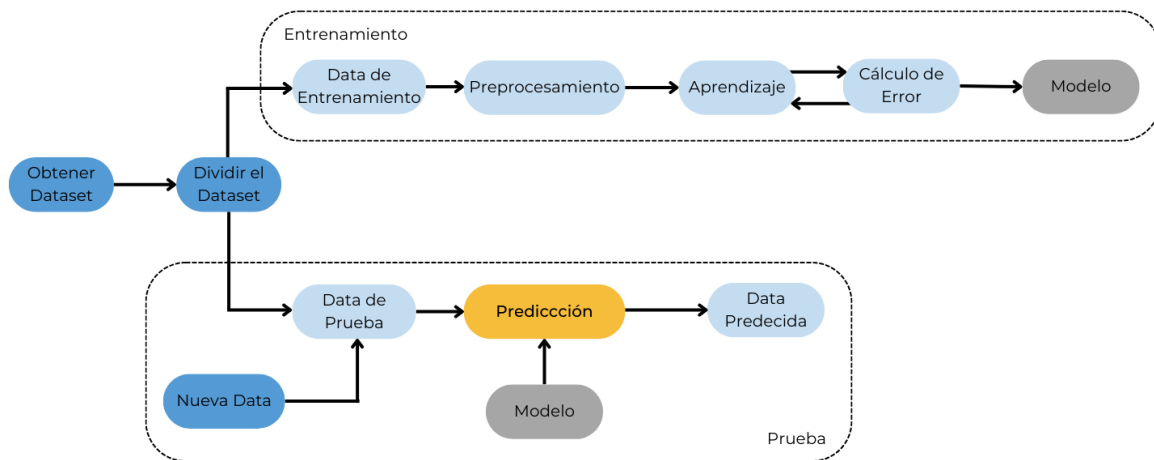


Figura 7. Diagrama de flujo correspondiente al diseño del modelo para la detección de enfermedades.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

4.3.6. Actividad VI: Obtención del dataset

La obtención de la lista de enfermedades con sus respectivos síntomas se consiguió desde la página web “Kaggle; Disease Symptom Prediction” (<https://www.kaggle.com/datasets/itachi9604/disease-symptom-description-dataset> recuperado el 2 de febrero de 2023). Dicho dataset fue revisado por la MSc. Yeny Díaz quien corroboró con el proceso de selección de las enfermedades infecciosas comunes en niños de 0 a 5 años, así como también de la reducción de la cantidad de síntomas por enfermedad, para que cada una tuviera un máximo de solo diez síntomas. Luego de esto, se inició el proceso de estandarización de los síntomas, cuyo objetivo principal fue unificar el lenguaje y la escritura de los síntomas para que el análisis fuese más rápido y sencillo.

4.3.7. Actividad VII: Implementación de la Red Neuronal

Se seleccionaron los parámetros iniciales para las pruebas de la red estableciendo una métrica simple determinada por el porcentaje de precisión en las pruebas, para luego mejorar el modelo a través de uno o más ajustes en la densidad de las capas, selección de optimizador y función de activación. Esta implementación fue evolucionando en cada nuevo prototipo en virtud de los resultados obtenidos en las pruebas.

4.3.8. Actividad VIII: Análisis de resultados y ajustes a la red

Se analizaron los resultados derivados con la red creada y se definieron los ajustes pertinentes a los parámetros establecidos, con el objetivo de optimizar la red y poder obtener mejores porcentajes de precisión. Esto, en pocas palabras, contempló lo siguiente:

- Análisis de precisión con la muestra de prueba.
- Cambios en las capas de la red, cambio de modelo, cambios en el tamaño del dataset o cambio de optimizador.
- Reentrenamiento de la red.

4.3.9. Actividad IX: Framework y herramientas para la implementación del modelo

Considerando el avance que ha tenido el Deep Learning y las herramientas disponibles, se decidió utilizar Tensorflow.js. Los motivos para esta elección se basan en la documentación abundante para las implementaciones y facilita la implementación de modelos y topologías complejas con pocas líneas de código (TensorFlow Core, 2020). Esto nos ayudó a enfocar los esfuerzos en el análisis y diseño por sobre la implementación. Respecto al Hardware utilizado, se trabajó con un equipo que consta de un procesador Intel Core i3-1115G4, con 12GB de Memoria RAM, una Unidad SSD de 128GB y una INTEL UHD GRAPHICS.

4.3.10. Actividad X: Generalidades del experimento

El modelo inicial se basó en un modelo secuencial con 3 capas densas, la capa de entrada con una dimensión de 10, una capa oculta y una de salida con dimensión de 1. Se seleccionó el optimizador Adam y la función de activación Sigmoid. Realizar el diseño del modelo de preentrenamiento sirvió para identificar puntos de mejora y verificar la eficiencia del Hardware. El diseño general de la red anteriormente descrita se puede apreciar en la Figura 8 (ver figura 8). Sin embargo, durante el entrenamiento se realizaron cambios en la cantidad de neuronas en cada capa.

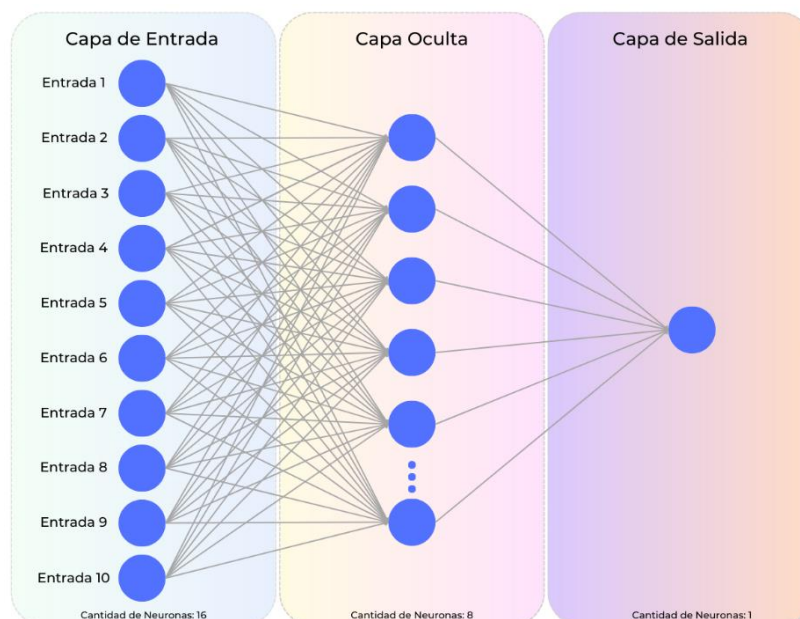


Figura 8. Ilustración del diseño general de la red implementada.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

4.3.11. Actividad XI: Diseño de interfaces

Luego de haber determinado el modelo inicial de la Red Neuronal, se realizó el diseño de la aplicación web y móvil en el cual se tomó como prioridad que fuese de rápido entendimiento y fácil manejo para los usuarios, de manera que pueda ser totalmente intuitiva. Adicionalmente se mantuvo una paleta de colores que inspiran confianza, limpieza y profesionalismo, combinando colores como el blanco, el azul y el rosa (ver Figura 10). El diseño se realizó un esquema básico que se verá representado a continuación (ver Figura 9).

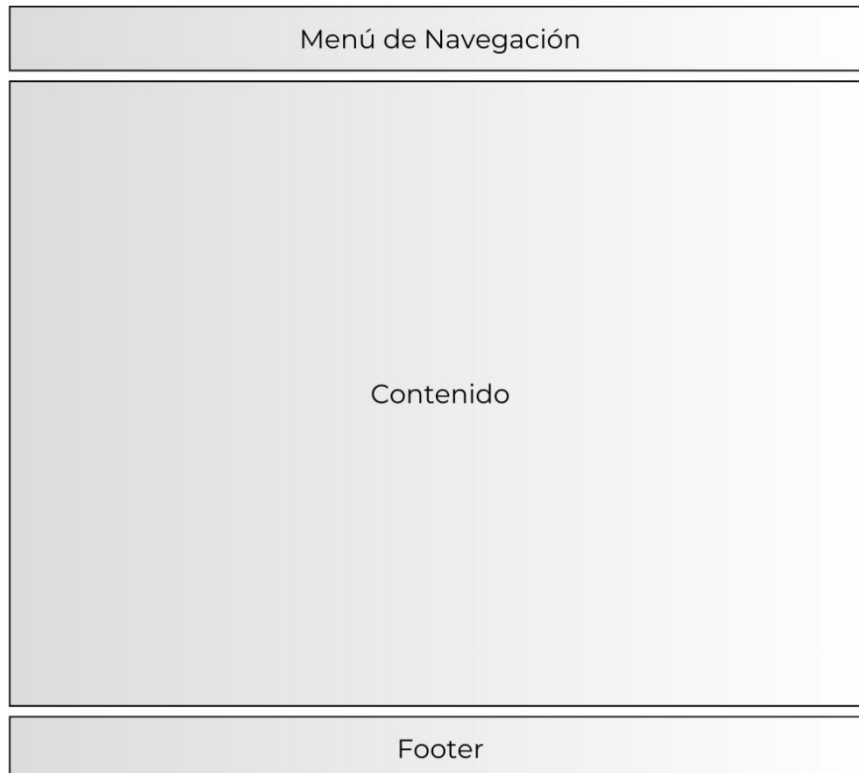


Figura 9. Esquema básico del diseño de la interfaz.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

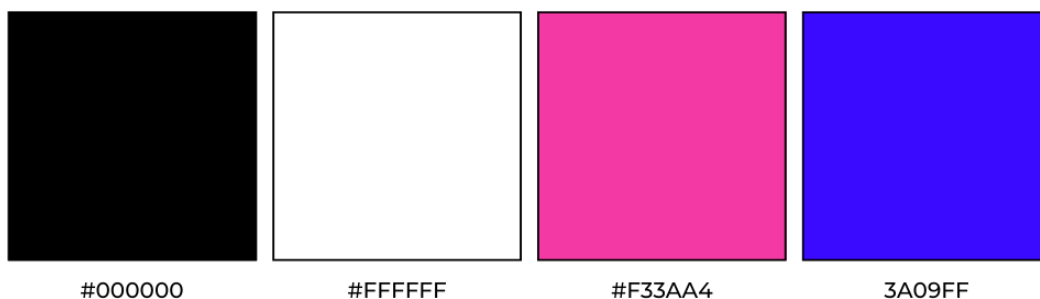


Figura 10. Paleta de colores.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

De igual manera, la aplicación web está diseñada bajo los lenguajes HTML, CSS, JavaScript y PHP, también se añaden componentes y librerías como Bootstrap, JQuery y una base de datos local en XAMPP. Siguiendo el esquema y la paleta de colores previamente presentada, se presenta la interfaz de la aplicación web, y su adaptación móvil, para el diagnóstico de enfermedades comunes en niños.

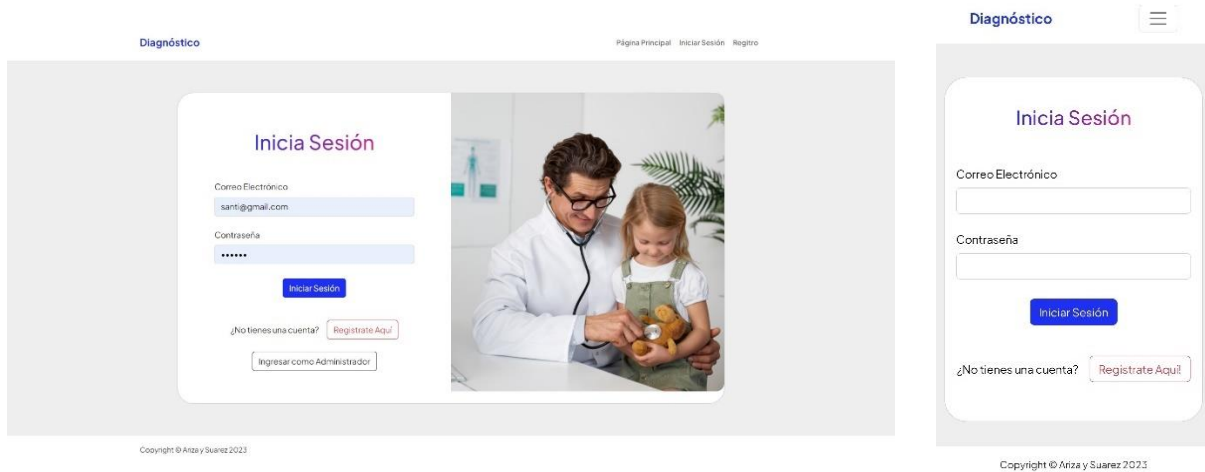


Figura 11. Interfaz Inicio de Sesión.
Fuente: Ariza y Suárez (2023)

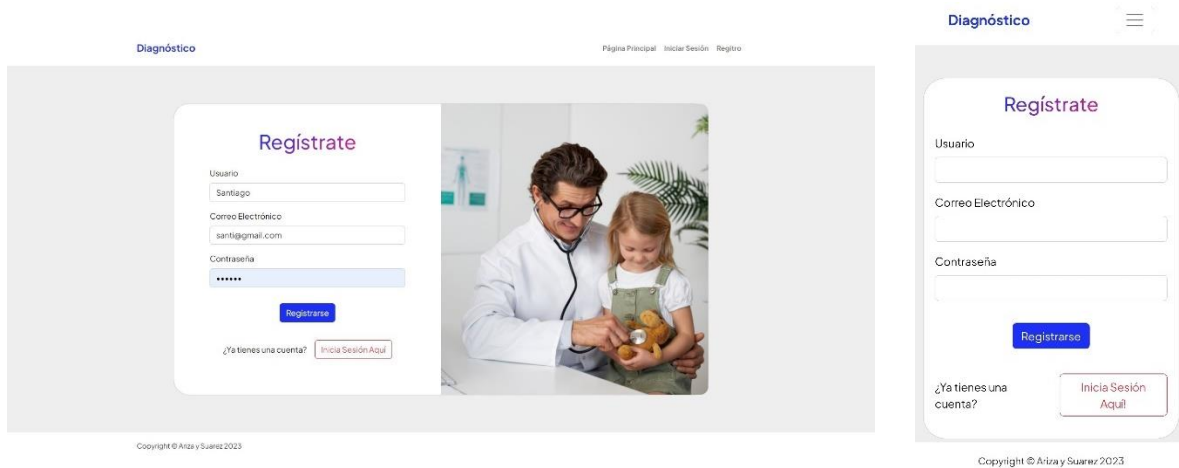


Figura 12. Interfaz Registro de Usuario.
Fuente: Ariza y Suárez (2023)

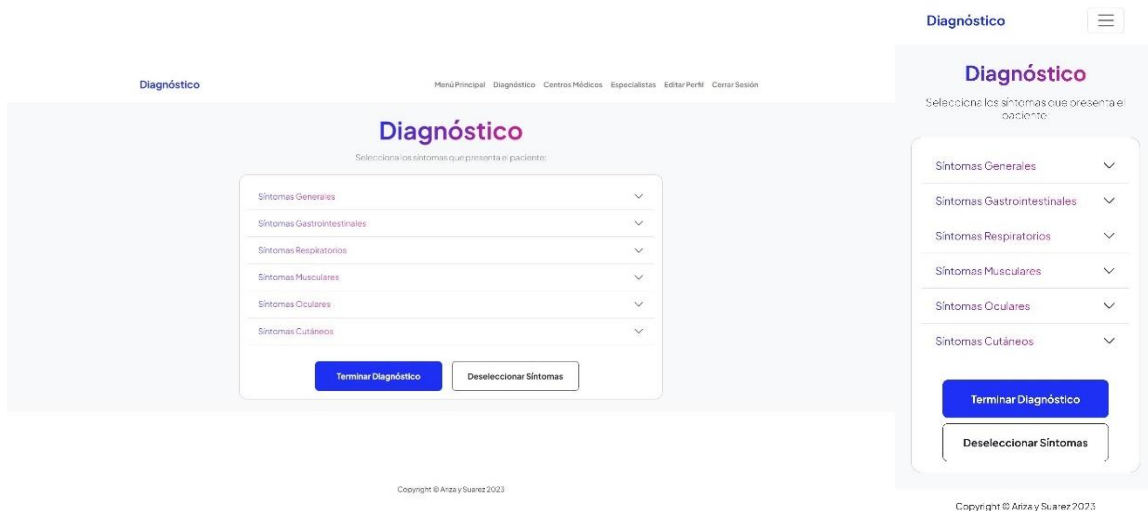


Figura 13. Interfaz Formulario de Diagnóstico.
Fuente: Ariza y Suárez (2023)



Figura 14. Interfaz Resultado de Diagnóstico.
Fuente: Ariza y Suárez (2023)



Figura 15. Interfaz Historial de Diagnóstico.
Fuente: Ariza y Suárez (2023)

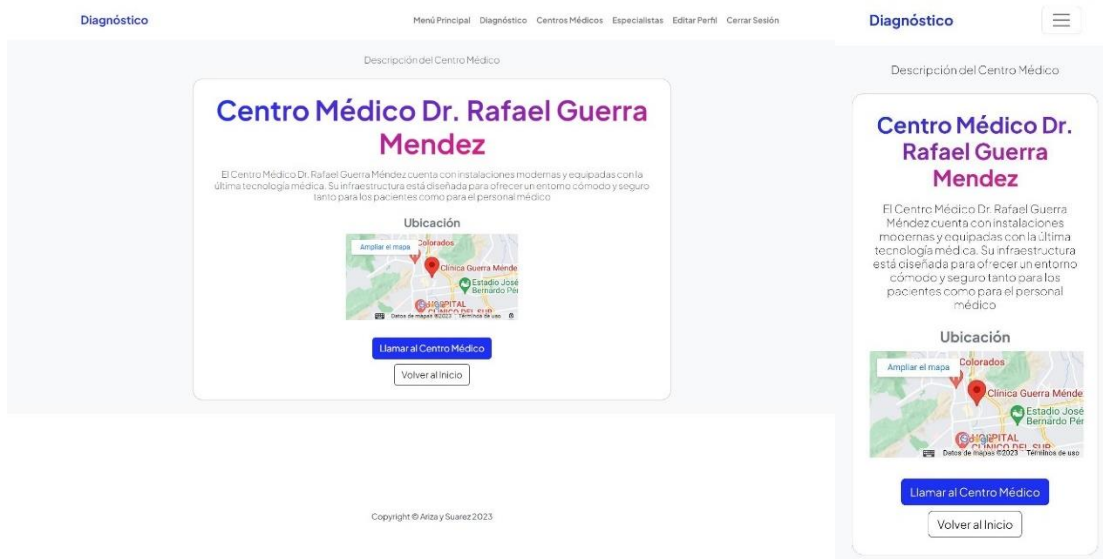


Figura 16. Interfaz Centros Médicos.
Fuente: Ariza y Suárez (2023)

4.4. Fase IV: Entrenamiento del modelo de diagnóstico de enfermedades pediátricas

Como se mencionó anteriormente, la configuración inicial de red neuronal se basó en un modelo secuencial con 3 capas densas, la capa de entrada con una dimensión de 10, una capa oculta y una de salida con dimensión de 1. Primeramente, se seleccionó como función de activación la función Sigmoid, el dataset inicial solo contaba con 23 enfermedades y 100 épocas en 50 iteraciones cada una, es decir, un total de 5000 iteraciones. Para esta primera iteración se tuvo un error de 84% y el tiempo de entrenamiento era lento.

Seguidamente, se decidió incrementar el tamaño del dataset para disminuir el porcentaje de error, para ello, se agregaron 10 versiones posibles de cada enfermedad,

alternando al azar el orden de los síntomas, de manera que se incrementó a un dataset de 230 filas. Para este modelo, se obtuvo un error del 43% inicialmente, sin embargo, con el continuo entrenamiento, se logró disminuir a 21%. De igual manera, el tiempo de entrenamiento era muy lento y los resultados no eran los esperados.

Finalmente, se reformó el modelo en busca de mejores resultados, para ello se ajustó la cantidad de neuronas en cada capa, resultando la capa de entrada con 32 neuronas, la capa oculta con 16 y la capa de salida con 1 neurona. Se cambió la función de activación por la función RELU (Rectified Lineal Unit), se agregó el optimizador Adam y la función shuffle durante el modelo para poder utilizar el dataset de 23 enfermedades y que el modelo sea capaz de simular distintas versiones de cada una de las enfermedades sin necesidad de expandir el mismo (ver Figura 17). A su vez, se utilizó un dataset comprendido por un vector de vectores, donde cada vector representa los síntomas ordenados por un identificador o ID de cada una de las enfermedades. Seguidamente, al introducir el vector de síntomas del paciente, este se ordena automáticamente ubicando los síntomas de manera ascendente según sus ID, esto para que el vector ingresado a la IA sea lo más similar posible su vector correspondiente en el dataset y por lo tanto el proceso de diagnóstico fuera lo más rápido posible.

Este modelo final tiene 100 épocas en 20 iteraciones, lo que da un total de 2000 iteraciones y permitiéndonos revisar el error 20 veces cada 100 épocas a lo largo del proceso de entrenamiento (ver Figura 18). Obteniendo luego de todos los cambios realizados y el entrenamiento un error del 0.0036%.

```
//Estructura del modelo
const model = tf.sequential();

model.add(tf.layers.dense({
  inputShape: [10],
  units: 32,
  activation: 'relu'
}));

model.add(tf.layers.dense({
  units: 16,
  activation: 'relu'
}));

model.add(tf.layers.dense({
  units: 1,
}));

model.compile({
  loss: 'meanSquaredError',
  optimizer: 'adam',
  metrics: ['precision'],
});

//Entrenamiento del modelo
console.log('Comenzando entrenamiento...');

async function attempt(){
  for(i=0; i<20; i++){
    const result = await model.fit(symptoms, diseases, {shuffle: true, epochs: 100});
    console.log((i+1)+' '+result.history.loss[0]);
    console.log((i + 1) + ' ' + result.history.precision[1]);
  }
  saveModel(model)
}
```

Figura 17. Código de modelo de Inteligencia Artificial.

Fuente: Ariza y Suárez (2023)

Comenzando entrenamiento...	
1)	1020.0123291015625
2)	19.308637619018555
3)	13.444954872131348
4)	8.530167579650879
5)	4.890778064727783
6)	3.371368885040283
7)	2.7127671241760254
8)	2.2007482051849365
9)	1.6525297164916992
10)	1.1082313060760498
11)	0.6550518870353699
12)	0.341703325510025
13)	0.18295592069625854
14)	0.11030548065900803
15)	0.06981920450925827
16)	0.04348966106772423
17)	0.025862617418169975
18)	0.014487028121948242
19)	0.009232713840901852
20)	0.003616326954215765
Modelo entrenado!	

Figura 18. Porcentaje de errores durante el entrenamiento del modelo.
Fuente: Ariza y Suárez (2023)

4.5. Fase V: Realización de pruebas para la verificación de la eficacia del modelo de diagnóstico entrenado.

En esta fase se ejecutó un plan de pruebas de software en el proceso de codificación de tipo caja blanca y caja negra, para verificar el correcto funcionamiento de la plataforma y en caso de que algún módulo presentase algún error, ser corregido antes de implementarse.

Prueba de caja negra:

En las pruebas realizada con respecto al tipo de caja negra, El Tester solo se centra en las entradas y salidas de la aplicación web, sin preocuparse por el contenido interno. El flujo de datos interno en esta fase de prueba es indiferente para los ensayos de prueba, solo importa que, si se realiza cierta acción, la salida sea la indicada según los requerimientos.

Tabla 19. Caso de prueba: Inicio de sesión

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba	Caso de Uso	Inicio de sesión
1	Estrategia	Prueba de caja negra
Descripción	El usuario desea ingresar en la plataforma	

Entradas	Correo electrónico y contraseña
Resultado Esperado	El usuario ingresa exitosamente en la plataforma
Resultado	Exitoso
Observación	El usuario ingresó de forma exitosa en la aplicación, dependerá de la velocidad de internet dicha respuesta.
Fuentes: Ariza y Suárez (2023)	

Tabla 20. Caso de prueba: Registro de usuario

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba	Caso de Uso	Registro de usuario
2	Estrategia	Prueba de caja negra
Descripción	El usuario desea registrarse en la plataforma	
Entradas	Nombre de usuario, correo electrónico, contraseña y repetición de contraseña	
Resultado Esperado	El usuario ingresa exitosamente en la plataforma	
Resultado	Exitoso	
Observación	El usuario se registró de forma exitosa en la aplicación,	
Fuentes: Ariza y Suárez (2023)		

Tabla 21. Caso de prueba: Agregar un paciente

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba	Caso de Uso	Agregar un paciente
3	Estrategia	Prueba de caja negra
Descripción	El usuario desea agregar un paciente en la plataforma	
Entradas	Nombre, apellido, edad, dirección, género, peso, enfermedades como diabetes o hipertensión	
Resultado Esperado	El usuario agrega exitosamente a un paciente en la plataforma	
Resultado	Exitoso	
Observación	El usuario se registró de forma exitosa en la aplicación,	
Fuentes: Ariza y Suárez (2023)		

Tabla 22. Caso de prueba: Editar un paciente (primera prueba)

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba	Caso de Uso	Editar un paciente
4	Estrategia	Prueba de caja negra
Descripción	El usuario desea editar la información un paciente en la plataforma	
Entradas	Nombre, apellido, edad, dirección, género, peso, enfermedades como diabetes o hipertensión	
Resultado Esperado	El usuario edita exitosamente a un paciente en la plataforma	
Resultado	Fallido	
Observación	El usuario no pudo editar de manera exitosa al paciente ya que no se guardaron los nuevos datos correctamente.	

Fuentes: Ariza y Suárez (2023)

Tabla 23. Caso de prueba: Editar un paciente (segunda prueba)

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba	Caso de Uso	Editar un paciente
5	Estrategia	Prueba de caja negra
Descripción	El usuario desea editar la información un paciente en la plataforma	
Entradas	Nombre, apellido, edad, dirección, género, peso, enfermedades como diabetes o hipertensión	
Resultado Esperado	El usuario edita exitosamente a un paciente en la plataforma	
Resultado	Exitoso	
Observación	El usuario pudo editar de manera exitosa al paciente.	

Fuentes: Ariza y Suárez (2023)

Tabla 24. Caso de prueba: Recibir un diagnóstico

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba	Caso de Uso	Recibir un diagnóstico
6	Estrategia	Prueba de caja negra

Descripción	El usuario desea conocer el diagnóstico de la enfermedad posible.
Entradas	Máximo 10 síntomas
Resultado Esperado	El usuario recibe exitosamente su diagnóstico.
Resultado	Exitoso
Observación	La precisión del diagnóstico depende de los resultados obtenidos en el modelo de la Inteligencia Artificial.

Fuentes: Ariza y Suárez (2023)

Pruebas de caja blanca:

Es el testing sobre el código fuente de la aplicación, y, en consecuencia, sobre los diferentes algoritmos aplicados en la plataforma y estructura de datos utilizados. Los pasos tomados por el Tester, son la selección de distintos valores de entrada para examinar cada uno de los posibles flujos de ejecución del programa y cerciorarse de que se devuelven los valores de salida adecuado.

Tabla 25. Caso de prueba: Confirmación de contraseña

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba	Caso de Uso	Confirmación de contraseña
1	Estrategia	Prueba de caja blanca
Descripción	El usuario intenta registrarse sin confirmar la contraseña.	
Entradas	Nombre de usuario, correo electrónico, contraseña y repetición de contraseña	
Resultado Esperado	El usuario no logra de ninguna forma acceder o ver la información del módulo de usuarios.	
Resultado	Exitoso	
Observación	Por medio de una función se verifica que la contraseña y la repetición de la misma sean iguales.	

Fuentes: Ariza y Suárez (2023)

Tabla 26. Caso de prueba: Mensaje de respuesta a diagnósticos no exitosos

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba	Caso de Uso	Respuesta de diagnósticos no exitosos
1	Estrategia	Prueba de caja blanca

Descripción	El usuario intenta realizar un diagnóstico agregando sólo dos síntomas o menos, o síntomas que no presentan ninguna relación dentro de ellos en la base de datos.
Entradas	Síntomas
Resultado Esperado	El sistema coloca un mensaje de respuesta que indique que no se puede realizar el diagnóstico y que se debe intentar de nuevo agregando más síntomas.
Resultado	Exitoso
Observación	Por medio de una función se identifica si el resultado de diagnóstico se encuentra en el rango de los ID de las enfermedades existentes, si esto es falso, se procede a colocar el mensaje de respuesta.

Fuentes: Ariza y Suárez (2023)

4.5.1. Confiabilidad de los resultados del modelo

La confiabilidad del modelo de detección de enfermedades se evaluó mediante un riguroso proceso que incluyó 30 pruebas exhaustivas. Durante estas pruebas, se ingresaron diversas combinaciones de síntomas, los cuales fueron extraídos de una amplia recopilación de diagnósticos reales previamente verificados por un asesor experto en el campo médico.

Los resultados obtenidos de estas 30 pruebas proporcionan información valiosa sobre la precisión y confiabilidad del modelo. En un notable 70% de los casos, es decir, en 21 diagnósticos, el modelo logró predecir de manera acertada la enfermedad correcta. Estas predicciones se consideran completamente acertadas y respaldan la capacidad del modelo para identificar correctamente las enfermedades basándose en los síntomas ingresados.

Además, en un 20% de los casos (6 diagnósticos), el modelo fue capaz de predecir enfermedades con síntomas muy similares a las enfermedades correctas. Aunque estas predicciones no fueron exactamente idénticas, se consideran casi correctas debido a la estrecha similitud y correlación con los síntomas reales. Esto demuestra la capacidad del modelo para identificar patrones y asociaciones entre los síntomas y las enfermedades, incluso en situaciones más complejas.

Por otro lado, en el 10% restante de los casos (3 diagnósticos), las enfermedades predichas compartían algunos síntomas con las enfermedades correctas, pero no mantenían la similitud suficiente para considerar que la predicción fuera acertada. Es importante destacar

que, aunque estas predicciones no cumplieron con los criterios de exactitud requeridos, aún aportan información valiosa para el análisis y la consideración médica.

En resumen, los resultados de las pruebas indican que el modelo de detección de enfermedades basado en los síntomas ingresados ha demostrado una confiabilidad significativa, con un porcentaje de asertividad del 78.33%. Esta tasa de asertividad respalda la capacidad del modelo para analizar los síntomas proporcionados y generar resultados precisos en la detección de enfermedades. Sin embargo, es fundamental tener en cuenta que, a pesar de su utilidad, este modelo se debe utilizar como una herramienta complementaria y nunca sustituirá la importancia de buscar la atención médica profesional, la cual sigue siendo fundamental para obtener un diagnóstico definitivo y un tratamiento adecuado basados en la evaluación integral de un médico calificado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La identificación rápida y precisa de enfermedades constituye uno de los desafíos más cruciales en la intersección de la medicina y la tecnología. La adopción de algoritmos innovadores para la predicción de diagnósticos se ha vuelto esencial, motivada tanto por avances tecnológicos que permiten aumentar la proactividad y eficiencia en la práctica médica, como por la creciente demanda de atención sanitaria y la escasez de personal médico. Tras examinar detenidamente los resultados obtenidos en cada una de las fases descritas, así como el diagnóstico, análisis, desarrollo y despliegue del sistema, junto con sus respectivas pruebas, se han obtenido diversas conclusiones relevantes en relación con los objetivos definidos en la presente investigación.

Durante la fase inicial, se enfocó en la identificación de variables que intervienen en el diagnóstico de enfermedades pediátricas. Utilizando técnicas de recolección de datos, se pudo discernir que el procedimiento diagnóstico de los pediatras se fundamenta en la revisión física del paciente, abarcando desde la cabeza hasta los pies, y en su experiencia clínica, la cual influye de manera significativa en la predicción de la patología presentada.

En la segunda fase, se establecieron los requerimientos necesarios para el desarrollo de la aplicación. Los requerimientos funcionales incluyen el registro de usuarios, la adición de pacientes al sistema, la visualización del historial de diagnósticos realizados por el usuario, la lista de centros médicos y médicos pediatras disponibles, entre otros. Con respecto a los requerimientos no funcionales, se hizo hincapié en la seguridad del sistema, incluyendo la protección de los datos del usuario, encriptación de contraseñas, autenticación de inicio de sesión, rendimiento del modelo de inteligencia artificial para el diagnóstico y la facilidad de navegación en la aplicación. Todos estos requerimientos han sido cruciales para el desarrollo organizado y eficiente de la aplicación.

En la tercera fase, se desarrolló la arquitectura del modelo de inteligencia artificial, que comprende una capa de entrada, una capa oculta y una capa de salida. Los síntomas presentados por el paciente constituyen la entrada al modelo, que luego los analiza y realiza una predicción de la enfermedad que representa la salida del sistema. Simultáneamente, se

diseñó la interfaz de usuario de la aplicación, enfocándose en la simplicidad y en crear un flujo del sistema intuitivo para el usuario.

En la cuarta fase, se llevó a cabo el entrenamiento de la Red Neuronal. Tras múltiples ajustes a la arquitectura del modelo, se concluyó que la combinación más eficaz para este caso particular incluía la utilización del optimizador Adam y la función de activación RELU, que produjeron un error de apenas 0,0036.

La última fase corroboró la importancia de implementar un plan de pruebas exhaustivo para optimizar la funcionalidad del sistema, abordando cada problema de manera individual y probando cada caso de uso de inmediato para realizar correcciones si fuera necesario.

Finalmente, es importante enfatizar que el objetivo del desarrollo de esta aplicación no es reemplazar la intervención médica. El diagnóstico proporcionado por la aplicación es una predicción y la aplicación una herramienta que puede servir de soporte para un diagnóstico más rápido, no para sustituir completamente a un médico especialista del proceso.

5.2. Recomendaciones

Ciertamente, es crucial señalar que, aunque la presente investigación ha arrojado resultados significativos, aún existen aspectos importantes por desarrollar. Los resultados obtenidos, aunque eficientes en un entorno controlado, están enfocados en el diagnóstico de enfermedades comunes en niños, cuyo tratamiento oportuno puede ser vital para su bienestar y desarrollo.

En este sentido, la precisión obtenida podría no ser adecuada para proporcionar un "diagnóstico definitivo" en el actual campo médico, pero sí podría considerarse una valiosa herramienta de apoyo para identificar casos que podrían requerir una evaluación prioritaria por parte de un especialista. En otras palabras, este sistema puede ayudar a priorizar los casos que requieran atención urgente.

Se considera que la precisión del sistema puede mejorar aún más a través de la obtención de un conjunto de datos más amplio que el utilizado en este estudio. Otra área de enfoque para futuros trabajos sería el estudio del impacto que podría tener la inclusión de datos adicionales, como pruebas de laboratorio y antecedentes familiares, en las predicciones del modelo. Además, se considera relevante realizar pruebas en las propias configuraciones de redes neuronales para determinar si otros optimizadores podrían tener un mejor rendimiento en este tipo de diagnósticos.

Finalmente, este trabajo establece un punto de partida sólido para futuras investigaciones que busquen incrementar los niveles de precisión en el diagnóstico. Esto, a su vez, podría contribuir a la reducción del tiempo requerido para diagnosticar casos y agilizar el

inicio de tratamientos vitales para los pacientes. Este estudio representa un paso adelante en el esfuerzo por optimizar la asistencia sanitaria pediátrica mediante el uso de tecnologías de inteligencia artificial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agenda Venezuela 2030 (2018). **Crisis de salud en Venezuela suma la ausencia de pediatras.** [Documento en Línea]. Disponible en: <https://www.agendavenezuela2030.org/noticias/crisis-de-salud-en-venezuela-suma-la-ausencia-de-pediatras>
- Aure (2022). **Desarrollo de un sistema de identificación de melanomas en la piel a partir de imágenes basado en Redes Neuronales Convolucionales.**
- Arias Fidias (2006). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica 6ta edición.** [Documento en Línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION
- Balestrini, M. (2006). **Elaboración de un proyecto de grado. 6ta edición.** [Documento en Línea]. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/0B1sTcIvKGVSYT1FFa0JYMXFEejg/view?resourcekey=0-q-4eI4j8N4MSEkr7B1O9Vg>
- Banco de Desarrollo de América Latina (2021). **¿Cómo puede la inteligencia artificial mejorar la salud de los latinoamericanos?** [Documento en Línea]. Disponible en: <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2021/09/como-puede-la-inteligencia-artificial-mejorar-la-salud-de-los-latinoamericanos/>
- Banco Mundial y OMS (2017). **La mitad del mundo carece de acceso a servicios de salud esenciales y los gastos en salud abocan aún hoy a la pobreza extrema a 100 millones de personas.** [Documento en Línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/13-12-2017-world-bank-and-who-half-the-world-lacks-access-to-essential-health-services-100-million-still-pushed-into-extreme-poverty-because-of-health-expenses>
- BBC News Mundo (2016). **La inesperada tercera causa de muerte en EE.UU.** [Documento en Línea]. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/05/160504_salud_errores_medicos_tercera_causa_muerte_eeuu_il
- Chollet, F. (2017). **Deep learning with python. Shelter Island, New York: Manning Publications.** [Documento en Línea]. Disponible en: <https://brapci.inf.br/index.php/res/download/169547>
- García (2019). **Aplicativo web como herramienta de ayuda para el médico a realizar un**

prediagnóstico de Fibrosis Quística basado en los síntomas por medio de lógica difusa en inteligencia artificial. [Documento en Línea]. Disponible: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/758e9c62-2dfe-4148-9377-54a755852219/content>

Heinemann (2003). **Introducción a la Metodología de la Investigación Empírica en las Ciencias del Deporte.** [Documento en Línea]. Disponible en, <https://seminariodemetodologiadelainvestigacion.files.wordpress.com/2011/06/introduccion-a-la-metodologia-de-la-investigacion-empirica-en-las-ciencias-del-deporte.pdf>

Hernández, Fernández y Baptista (2006). **Metodología de la Investigación.** [Documento en Línea]. Disponible en: <https://metinvest.jimdofree.com/t%C3%A9nicas/>

Hernández, O. (2012). **Estadística Elemental para Ciencias Sociales. (Tercera Edición).** San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica. [Documento en Línea]. Disponible en: <https://investigaliacr.com/investigacion/la-encuesta-y-el-cuestionario/>

Mohanty (2019). **Multi-layer Perceptron (MLP) Models on Real World Banking Data.** [Documento en Línea]. Disponible en: <https://becominghuman.ai/multi-layer-perceptron-mlp-models-on-real-world-banking-data-f6dd3d7e998f>

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2015). **Informe de la OMS señala que los niños menores de 5 años representan casi un tercio de las muertes por enfermedades de transmisión alimentaria.** [Documento en Línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/03-12-2015-who-s-first-ever-global-estimates-of-foodborne-diseases-find-children-under-5-account-for-almost-one-third-of-deaths>

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2020). **Mejorar la supervivencia y el bienestar de los niños.** [Documento en Línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/children-reducing-mortality>

Palella y Stracuzzi (2017). **Metodología de la Investigación.** [Documento en Línea]. Disponible en: [https://metinvest.jimdofree.com/marco-te%C3%B3rico/#:~:text=Palella%20y%20Stracuzzi%20\(2017\)%20indic an,55](https://metinvest.jimdofree.com/marco-te%C3%B3rico/#:~:text=Palella%20y%20Stracuzzi%20(2017)%20indic an,55)

Plata de Plata y Fernández (2006) **Metodología de la Investigación.** Universidad Rafael Belloso Chachín. Maracaibo- Venezuela [Documento en Línea]. Disponible en, <https://virtual.urbe.edu/tesispub/0105842/conclu.pdf>

Rojano, Salazar, Miranda y Ojeda (2021). **Algoritmo Adam en la Inteligencia Artificial.** [Documento en Línea]. Disponible en:

riego.mx/congresos/comeii2021/files/ponencias/extenso/COMEII-21005.pdf

Romero (2021). **Procesamiento del Lenguaje Natural para el Apoyo en el Diagnóstico de Tuberculosis.** [Documento en Línea]. Disponible:

<https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/31562/RomeroGomez-AndresFelipe-2021.pdf?sequence=1>

Sabino (2002). **El proceso de investigación.** [Documento en Línea]. Disponible en: http://paginas.ufm.edu/sabino/ingles/book/proceso_investigacion.pdf

Sampieri Hernández (2006). **Metodología de la investigación 4ta edición.** [Documento en Línea]. Disponible: <http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20SAMPIERI.pdf>

Sánchez y Núñez (2019). **Diagnóstico de Enfermedades Endémicas con redes neuronales artificiales a través WEKA.** [Documento en Línea]. Disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/11>

Tamayo y Tamayo, M. (2007). **El proceso de la Investigación Científica. 4ta Edición.** [Documento en Línea]. Disponible: https://www.academia.edu/17470765/EL_PROCESO_DE_INVESTIGACION_CIENTIFICA_MARIO_TAMAYO_Y_TAMAYO_1?auto=download

Tamayo y Tamayo, M. (2008). **El proceso de la Investigación Científica. 5ta Edición.** [Documento en Línea]. Disponible: <https://www.urbe.edu/UDWLibrary/InfoBook.do?id=32848>

Torres (2022). **Desarrollo de un modelo de Deep Learning para la automatización de los procesos de detección de tumores cerebrales.**

UNICEF (2022). **La neumonía infantil: todo lo que debes saber.** [Documento en Línea]. Disponible en: <https://www.unicef.org/es/historias/neumonia-infantil-lo-que-debes-saber>