

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

ESCUELA DE POSGRADO



TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS CON MENCIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

“Modelo basado en clasificadores difusos para el diagnóstico de covid-19 en la región Lambayeque, 2020”

Área de Investigación:

Inteligenciación Artificial

Autor:

Br. Becerra Suarez, Fray Luis

Jurado Evaluador:

Presidente: Dr. Luis Vladimir Urrelo Huiman

Secretario: Dr. Walter Aurelio Lazo Aguirre

Vocal: Ms. José Antonio Calderón Sedano

Asesor:

Dr. Edwin Alberto Valencia Castillo **Código**

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5898-3076>

TRUJILLO – PERÚ

2021

Fecha de sustentación: 2021/09/24

**MODELO BASADO EN CLASIFICADORES DIFUSOS
PARA EL DIAGNÓSTICO DE COVID-19 EN LA REGIÓN
LAMBAYEQUE, 2020**

Por: Br. Fray Luis Becerra Suarez

Aprobado:

Dr. Luis Vladimir Urrelo Huiman -----
(Presidente)

Ms. Filiberto Melchor Azabache Fernández -----
(Secretario)

Ms. Eduardo Elmer Cerna Sánchez -----
(Vocal)

Asesor: Dr. Edwin Valencia Castillo

ACREDITACIÓN

El Dr. Edwin Valencia Castillo, que suscribe, asesor de la Tesis con Título “Modelo basado en clasificadores difusos para el diagnóstico de COVID-19 en la región Lambayeque, 2020”, desarrollado por el Br. Fray Luis Becerra Suarez, maestrante en Ingeniería de Sistemas con mención en Sistemas de Información acredita haber realizado las observaciones y recomendaciones pertinentes, encontrándose expedita para su revisión por parte de los señores miembros del Jurado Evaluador.

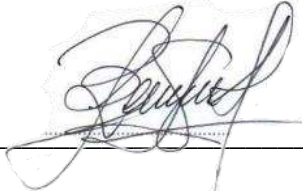
Trujillo, 19 de mayo de 2020.

El Asesor:



Dr. Edwin Valencia Castillo

El Autor:



Br. Fray Luis Becerra Suarez

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Cumpliendo con los requerimientos estipulados en el reglamento de Grados y Títulos de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el grado de Maestro en Ingeniería de Sistemas con mención en Sistemas de Información, pongo a vuestra disposición la presente tesis titulada: Modelo basado en clasificadores difusos para el diagnóstico de COVID-19 en la región Lambayeque, 2020.

Gracias.

Trujillo, 19 de mayo de 2021

Br. Fray Luis Becerra Suarez

Dedicado:

Dedico este trabajo primeramente a Dios, por darme la vida, salud, y lo más importante, sabiduría para culminar con éxito esta investigación.

A cada uno de mis familiares, que siempre están en los buenos y malos momentos.

Br. Fray Luis Becerra Suarez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ing. Victor Tuesta, Ing. Ivan Mejía, quienes han sido mis profesores en pregrado y ahora colegas que trabajamos en la Universidad Señor de Sipán, por su apoyo incondicional en absolver cualquier consulta que he tenido a lo largo del desarrollo de la presente investigación referente a los temas de aprendizaje máquina.

Agradezco también, al Dr. Carlos Alberto Chirinos Ríos, director de la Escuela Profesional de Medicina Humana de la Universidad Señor de Sipán, por la paciencia y el tiempo que me

ha brindado para validar cada una de las reglas de conocimiento que forma parte del modelo propuesto. Una tarea muy larga, pero gratificante al ver los resultados que genera el modelo para diagnosticar a los pacientes con Covid-19.

Agradecer al Dr. Edwin Valencia, director de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Cajamarca, por el apoyo incondicional, el tiempo brindado y la paciencia en revisar el presente informe, a fin de no tener mayores observaciones al momento de sustentar.

Y un agradecimiento especial al Ing. Manuel Forero, decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ibagué, Colombia, por el asesoramiento continuo para llevar a cabo el desarrollo del paper hasta su publicación final. El artículo producto de la presente investigación, se encuentra indexado en la revista científica SPRINGER con un DOI:

https://doi.org/10.1007/978-3-030-76228-5_35

Br. Fray Luis Becerra Suarez

RESUMEN

MODELO BASADO EN CLASIFICADORES DIFUSOS PARA EL DIAGNÓSTICO DE COVID-19 EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE, 2020

Br. Fray Luis Becerra Suarez

Las medidas de contención, mitigación y prevención que los gobiernos han aplicado en todo el mundo no parecen ser suficientes para evitar la propagación del Covid-19. El número de infectados y muertos sigue aumentando cada día, lo que pone a prueba la capacidad y la infraestructura de los hospitales y centros médicos. Por ello, es necesario desarrollar nuevos métodos de diagnóstico basados en los síntomas de los pacientes que permitan generar alertas tempranas para un tratamiento adecuado. Este trabajo presenta un nuevo método en desarrollo para el diagnóstico del Covid-19, basado en los síntomas de los pacientes y en el uso de clasificadores difusos. Se fuzzificaron once (11) variables: malestar general, contacto externo, edad, sexo, fiebre, tos, disnea, producción de flema, mialgia, dolor de cabeza y diarrea. Con estas variables seleccionadas, se establecieron 4096 reglas de conocimiento y, finalmente, se utilizó el método del centro de masa para generar los resultados del diagnóstico. El método se probó con una base de datos de registros clínicos de pacientes sintomáticos y asintomáticos de Covid-19. Al probar el modelo propuesto con datos de pacientes sintomáticos, obtuvimos un 100% de precisión y un 100% de especificidad. Los pacientes según sus síntomas se clasifican en dos clases, lo que permite detectar a los pacientes que requieren atención inmediata de los que tienen síntomas más leves.

Palabras clave: Covid-19, covid-19, coronavirus, clasificador difuso, diagnóstico.

ABSTRACT

FUZZY CLASSIFIER BASED MODEL FOR THE DIAGNOSIS OF COVID-19 IN THE LAMBAYEQUE REGION, 2020

Br. Fray Luis Becerra Suarez

The containment, mitigation and prevention measures that governments have implemented worldwide do not appear to be sufficient to prevent the spread of Covid-19. The number of infected and dead continues to increase every day, straining the capacity and infrastructure of hospitals and medical centers. Therefore, there is a need to develop new diagnostic methods based on patients' symptoms to generate early alerts for appropriate treatment. This paper presents a new method under development for the diagnosis of Covid-19, based on patient symptoms and the use of fuzzy classifiers. Eleven (11) variables were fuzzified: general malaise, external contact, age, sex, fever, cough, dyspnea, phlegm production, myalgia, headache and diarrhea. With these selected variables, 4096 knowledge rules were established and, finally, the center of mass method was used to generate the diagnostic results. The method was tested with a database of clinical records of symptomatic and asymptomatic patients from Covid-19. By testing the proposed model with symptomatic patient data, we obtained 100% precision and 100% specificity. Patients according to their symptoms are classified into two classes, which allows us to detect patients requiring immediate attention from those with milder symptoms

Keywords: Covid-19, covid-19, coronavirus, fuzzy classifier, diagnosis.

ÍNDICE

ACREDITACIÓN.....	2
PRESENTACIÓN.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Antecedentes.....	13
2.2. Marco Teórico.....	15
2.2.1 Coronavirus (COVID-19).....	16
a) Origen.....	16
b) Fisiopatología.....	16
c) Signos y Síntomas.....	17
d) Técnicas para el diagnóstico del Covid-19.....	18
2.2.2 Lógica difusa.....	20
a) Fundamentos.....	20
b) Conjuntos difusos.....	20
c) Operaciones en conjuntos difusos.....	21
d) Funciones de membresía.....	23
e) Controlador difuso.....	25
2.3. Marco Conceptual.....	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	27
3.1. Población.....	27
3.2. Muestra.....	27
3.3. Unidad de análisis.....	27
3.4. Operacionalización de variables.....	27
Variable independiente.....	27
Variable dependiente.....	27
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.....	28
3.6. Procedimientos.....	28
3.7. Diseño de contrastación.....	29
3.8. Procesamiento y análisis de datos.....	29
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	31

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	39
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
6.1 CONCLUSIONES	40
6.2 RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Casos confirmados de contagios por el Covid-19 a nivel mundial	14
Figura 2: Ilustración gráfica del virus COVID-19	20
Figura 3: Trastornos sistémicos y respiratorios causados por el COVID-19	22
Figura 4: Diferentes técnicas propuestas para el diagnóstico del Covid-19.	24
Figura 5: Representación gráfica de las operaciones más comunes en lógica booleana.....	25
Figura 6: Representación gráfica y matemática de la función de tipo saturación	27
Figura 7: Representación gráfica y matemática de la función de tiempo hombro	28
Figura 8. Representación gráfica y matemática de la función de tipo triangular	28
Figura 9: Representación gráfica y matemática de la función de tipo trapecio	29
Figura 10: Representación gráfica y matemática de la función de tipo "S"	29
Figura 11: Diagrama general del funcionamiento de un controlador difuso.....	30

Figura 12: Procedimiento general para el desarrollo de la presente investigación.	
34 Figura 13: Representación de la función de pertenencia triangular para las variables de entrada: malestar general, contacto externo, fiebre, tos, disnea, producción de flema, mialgia, dolor de cabeza y diarrea	40
Figura 14: Representación de la función de pertenencia triangular de la entrada de género.	40
Figura 15: Representación de las funciones de pertenencia trapezoidal y triangular de la variable Edad.	41
Figura 16: Representación de las funciones de pertenencia trapezoidal y triangular de la variable de salida Diagnóstico	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variable independiente	32
Tabla 2: Operacionalización de variable dependiente	33
Tabla 3: Técnicas e instrumentos empleado para el desarrollo de la investigación.	33
Tabla 4: Matriz de confusión para evaluar el resultado que genera el modelo propuesto... 35	
Tabla 5: Análisis de los síntomas clínicos más comunes que presentan los pacientes tras contraer la enfermedad por coronavirus, Covid-19.	38
Tabla 6: Representación lingüística de las variables de entrada: malestar general, contacto externo, fiebre, tos, disnea, producción de flema, mialgia, dolor de cabeza y diarrea con sus valores lingüísticos.	39
Tabla 7: Representación lingüística de la variable de entrada género	40
Tabla 8: Representación lingüística de la entrada de edad.	40
Tabla 9: Representación lingüística de la variable de salida Diagnóstico.	41
Tabla 10: Reglas difusas Si- Entonces	42
Tabla 11: Datos clínicos de pacientes sintomáticos y asintomáticos diagnosticados de Covid-19 y el diagnóstico producido por el modelo propuesto.....	44
Tabla 12: Matriz de confusión del modelo difuso propuesto para el diagnóstico de Covid-19 de pacientes sintomáticos y asintomáticos	45

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

“La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo” Nelson Mandela.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas de salud pública en todo el mundo es el causado por el Covid-19 (Chih-Cheng & et al, 2020), (Huang & et al, 2020) que ataca principalmente al sistema respiratorio humano (Tang & et. al, 2020). Los primeros casos se notificaron en Wuhan, China, en diciembre de 2019 (Lu, Stratton, & Yi-Wei, 2020). Desde entonces, el número de infectados y muertos ha aumentado a pesar de los rigurosos esfuerzos de contención y prevención que se viene realizando en todo el mundo (Sohrabi & et al, 2020). El Covid-19 es una enfermedad que fue declarado como una pandemia por la Organización mundial de la Salud el 11 de marzo del 2020 (El Pais, 2020).

Según el informe proporcionado por el Centro de Ciencia e Ingeniería de Sistemas de la Universidad Johns Hopkins, el número de infecciones y decesos por Covid-19 en todo el mundo hasta el 20 de abril de 2021 era de 142.304.499 casos confirmados y 3.034.321 decesos confirmados, siendo Estados Unidos, India, Brasil y Francia, los países más afectados por esta pandemia; cifras que a la fecha siguen aumentando (Johns Hopkins, 2021). En el caso del Perú, las cifras de contagios llegan a los 1.707.787.



Figura 1: Casos confirmados de contagios por el Covid-19 a nivel mundial
Fuente: Centro de Ciencia e Ingeniería de Sistemas de la Universidad Johns Hopkins (Johns Hopkins, 2021).

El Covid-19 es una enfermedad altamente contagiosa, cuyo mecanismo de propagación de este virus entre los humanos se debe principalmente al contacto cercano, a través de las gotas de secreción respiratorias emitidas al estornudar, toser o hablar a una distancia inferior a dos metros, o por estar en contacto con superficies expuestas a esta enfermedad (Ministerio de Sanidad, 2020), (CDC, 2020), (Rothan & Byrareddy, 2020). Otro factor muy importante a tener en cuenta es la carga viral presente en una persona infectada que dura hasta dos semanas después de la recuperación de los síntomas de la enfermedad, por lo que representa un 50% de transmisiones que se producen de manera secundaria a la exposición de personas asintomáticas (Ortiz-Prado & et. al, 2020).

Los síntomas clínicos más comunes de la enfermedad del Covid-19 incluyen: tos seca, fiebre, producción de esputo, disnea, mialgia, dolor de cabeza y diarrea (Huang & et al, 2020), (Sohrabi & et al, 2020), (Li & et. al, 2020), (Tian & et. al, 2020). En algunos casos, el dolor de garganta y la rinorrea aparecen como síntomas adicionales (Chen & et. al, 2020), (Wang & et. al, 2020), (Liu & et. al, 2020), (Guan & et. al, 2020), (Rodriguez & et. al, 2020).

La técnica estándar para detectar el Covid-19 es la reacción en cadena de la polimerasa de transcripción inversa (RT-PCR) en tiempo real, aprobada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), debido a su alta especificidad y sensibilidad. Sin embargo, esta técnica es costosa, presenta un alto grado de complejidad, requiere de personal de salud altamente

calificado, equipos sofisticados y el tiempo de procesamiento dura entre 5 y 6 horas (Cassaniti & et. al, 2020).

Otra técnica se basa en la respuesta de los anticuerpos totales (IgM, IgA o IgG) a la infección del paciente, denominada prueba de serología rápida, que es más económica y cuyos resultados se generan en 15 minutos. Sin embargo, esta técnica presenta deficiencias en el sentido de que la presencia de anticuerpos depende del huésped y, por tanto, no es útil en un contexto de enfermedad aguda (Al-Muharraqi, 2020).

Otros métodos desarrollados para el diagnóstico clínico del Covid-19, combinan la tomografía computarizada de tórax, los signos y síntomas clínicos del paciente, así como los contactos y el historial de viajes, utilizando sensores de dispositivos móviles para recoger la información del paciente. Los datos recogidos se utilizan después para el diagnóstico de la enfermedad mediante técnicas de aprendizaje profundo (Zheng & et. al, 2020), (Maghdid & et. al, 2020), (Ophir & et. al, 2020), (Panwar & et. al, 2020).

Ante las diferentes limitaciones que presentan las técnicas mencionadas, resulta necesario y de gran importancia, buscar nuevas formas para diagnosticar esta enfermedad, sin perder la filosofía de ser rápidas, fáciles de usar, confiable y accesible a las personas. En general, el diagnóstico clínico se basa en un proceso deductivo, en el que el personal de salud, basándose en los síntomas, determina la enfermedad de un paciente, por lo que estos conceptos médicos podrían modelarse utilizando clasificadores difusos (Ahmed & et. al, 2014).

Tomando como base principal el diagnóstico clínico que presenta una persona tras contraer la enfermedad del Covid-19, y otras variables se desarrolla un modelo basado en clasificadores difusos, que consiste en un conjunto de reglas difusas, utilizando el enfoque propuesto por Mamdani, para llevar a cabo el proceso de difusificación y desdifusificación para realizar un diagnóstico temprano de esta enfermedad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

*“Comienza haciendo lo que es necesario, después lo que es posible
y de repente estarás haciendo lo imposible”*

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En el presente apartado se describe los estudios realizados referente al Covid-19 en las bases de datos de SciencDirect, PubMed, ATS Journal y THE LANCET para obtener las características más importantes de esta enfermedad. Así mismo, se ha consultado la base de datos de IEEE Xplore y ACM para obtener estudios de clasificadores automatizados basados en lógica difusa.

En el estudio presentado por (Panwar & et. al, 2020) denominado *“Application of deep learning for fast detection of COVID-19 in X-Rays using nCOVnet”*, describe que el Covid19 es una enfermedad que representa una severa amenaza para las personas, investigadores, científicos y profesionales de salud de todo el mundo. Con el objetivo de salvaguardar la salud de las personas y diagnosticar tempranamente esta enfermedad, los investigadores han presentado un modelo para diagnosticar el COVID-19 utilizando imágenes de tomografías computarizadas de tórax y la implementación de redes neuronales. El conjunto de datos utilizado para implementar el modelo consta de 192 imágenes de rayos X de pacientes positivos de COVID-19. Los resultados obtenidos son de un 97.62% de sensibilidad y una especificidad de 78.57% y un tiempo de procesamiento promedio de 3 a 5 segundos. Esto ha demostrado ser un buen método para realizar un diagnóstico temprano de esta enfermedad y prevenir al paciente futuros contagios.

En el estudio *“World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19)”* propuesto por (Sohrabi & et al, 2020), manifiesta que el reciente brote de COVID-19 es considerado como una emergencia sanitaria mundial que ha tenido un total aproximado de 90.870 casos confirmados con más de 3.000 muertes. El impacto global de esta infección viral es motivo de una gran preocupación. Evidentemente, el potencial pandémico de COVID-19 exige una vigilancia rigurosa y un monitoreo continuo para rastrear con precisión y potencialmente predecir su futura adaptación, evolución, transmisibilidad y patogenicidad del huésped. Estos factores finalmente influirán en las tasas de mortalidad y el pronóstico. Sin embargo, la naturaleza de rápida evolución de la epidemia de COVID-2019, las estadísticas en constante cambio y el constante descubrimiento de

nuevos hallazgos de investigación representa una limitación importante para la presente revisión. Sin embargo, como comunidad quirúrgica, manifiesta que es una responsabilidad conocer los signos y síntomas antes mencionados y escalar rápidamente los casos sospechosos.

En el trabajo *“Characteristics of COVID-19 infection in Beijing”* propuesto por (Tian & et. al, 2020) se describe las características clínicas y epidemiológicas del COVID-19. Para cumplir con este objetivo, se analizaron datos de 262 casos confirmados con esta nueva neumonía en la ciudad de Beijing. Los resultados representa el 17.6% y el 82.4% clasificado como severo y común de esta epidemiología. Los síntomas más comunes al inicio de esta enfermedad es fiebre (82.1%), tos (45.8%), fatiga (26.3), disnea (6.9%) y dolor de cabeza. El tiempo promedio del período de incubación fue de 6,7 días. el intervalo de tiempo entre el inicio de la enfermedad y la visita al médico fue de 4.5 días. A partir del 10 de febrero de este año 2020, el 17,2% de los pacientes han dado de alta y el 81,7% de los pacientes permanecen en el hospital en nuestro estudio, la mortalidad de la infección por COVID-19 en Beijing fue del 0,9%.

Según (Rothan & Byrareddy, 2020) en el trabajo *“The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak”* describe que esta enfermedad por coronavirus (COVID-19) es causada por SARS-COV2 siendo un gran problema de salud pública mundial por ser una enfermedad potencialmente mortal para los humanos. Probablemente el origen zoonótico de COVID-19 fue en la ciudad de Wuhan, China. El proceso de transmisión de esta enfermedad entre personas es principalmente a través del contacto directo o a través de gotitas que se propagan al toser o estornudar de un individuo infectado. Los síntomas de esta enfermedad se manifiestan en el cuerpo humano aproximadamente 5,2 días. Tiene una duración de mortalidad no mayor a los 14 días, siendo mucho más corto en los pacientes de 70 años en adelante. La presencia de tos, fiebre y fatiga son los síntomas más característicos de esta enfermedad, así como infecciones gastrointestinales como la diarrea.

En el trabajo *“Clinical, laboratory and imaging features of COVID-19: A systematic review and meta-analysis”* presentado por (Rodríguez & et. al, 2020) realiza una revisión sistemática de la literatura con meta análisis teniendo en cuenta los siguientes objetivos: establecer objetivos de resumir las características clínicas, de laboratorio y de imagen de COVID-19 informadas en estudios observacionales actualmente disponibles; examinar el resultado de los casos de COVID-19, incluidos los factores de riesgo, la proporción de pacientes que requieren UCI y aquellos con resultados fatales; evaluar la prevalencia de comorbilidades entre los casos confirmados por COVID-19. Los resultados obtenidos de un total de 660 artículos, se seleccionaron 64 artículos para la evaluación de texto completo. De estos, seis fueron excluidos debido a la falta de información sobre el diagnóstico molecular, y 58 finalmente se incluyeron para el análisis cualitativo final, 19 de ellos para el meta análisis cuantitativo y 39 informes de casos para el análisis descriptivo.

Según (Huang & et al, 2020) en su trabajo de investigación *“Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China”*, se describe un reporte de esta

epidemiología, características clínicas, de laboratorio y radiología de cincuenta y nueve (59) casos por esta enfermedad. Los resultados obtenidos describen que el 49% son pacientes de 25-49 años de edad y el 34% son de 50-64 años. El 73% de infectados son hombres, y 27% a mujeres. El 98% de los infectados presenta fiebre con temperatura superior al 37.3°C. El 76% presenta tos. El 44% presenta fatiga o cansancio. El 17% presenta dolor de cabeza. El 3% presenta cuadro de infecciones estomacales.

En el trabajo denominado *“A fuzzy expert system for coronary artery disease diagnosis”* presentado por (Jain & Kaur, 2019), tiene como objetivo principal diseñar un sistema experto difuso para diagnosticar la enfermedad cardíaca coronaria. Se ha considerado para el modelo 8 variables de entrada y una variable de salida. Con las variables seleccionadas para el modelo, se ha creado la base de conocimiento de tipo si – entonces. El sistema experto es basado en el enfoque Mamdani. Cada una de estas reglas es procesado utilizando el método del centroide. Se ha utilizada las herramientas de MatLab, el cual ha sido puesto al alcance de los pacientes para que ellos mismos puedan realizar un diagnóstico temprano de dicha enfermedad.

De acuerdo con el estudio de (Duisenbayeva, Atymtayeva, & Beisembetov, 2016), denominado *“Using fuzzy logic concepts in creating the decision making expert system for cardio - vascular diseases (CVD)”*, se presenta un modelo para diagnosticar enfermedades cardiovasculares usando la teoría de lógica difusa. Las variables de entrada que se ha considerado para el modelo es tipo de dolor de pecho, presión arterial, niveles de colesterol, azúcar en la sangre, frecuencia cardíaca, sexo y edad; y como variable de salida la presencia de enfermedad cardíaca en el paciente. Este sistema puede ayudar a los médicos en la toma de decisiones, reducir el tiempo para determinar la enfermedad y puede ayudar a evitar los fallos.

En el trabajo que presenta (Ahmed, Kabir, Tanzeem, & Rahman, 2014) denominado *“Diagnosis of kidney disease using fuzzy expert system”* desarrolla y presenta un sistema basado en lógica difusa para diagnosticar enfermedades renales de los pacientes. Para ello, los datos analizados de las historias médicas han servido para establecer siete variables de entrada, de los cuales son: funcionalidad de nefrina, azúcar en la sangre, sistólica y diastólica de la presión arterial, edad, peso, y los niveles de alcohol. Y como variable de salida se ha considerado la salubridad de los riñones. Un total de 56 reglas difusas han sido implementadas para el modelo, bajo el enfoque de inferencia Mamdani. El resultado del modelo presenta una exactitud del 87.6%.

2.2. Marco Teórico

En el presente apartado, se describe las bases teóricas y científicas que sirve como sustento para el desarrollo del presente trabajo. Para ello, se ha dividido en dos partes: Primero, se describe todo lo relacionado a la enfermedad de Covid-19; segundo, se describe las definiciones y formulaciones matemáticas de los clasificadores difusos para sustentar el desarrollo de modelo propuesto

2.2.1 Coronavirus (COVID-19)

a) Origen

El primer caso de Coronavirus que se presentó en el mundo fue en diciembre del 2019, en la ciudad de Wuhan, China, propagándose rápidamente, causando más de 100 000 infecciones y decesos confirmados que superan 4000 casos (Neher, Dyrdak, Druelle, Hodcroft, & Albert, 2020). Un mes después, los científicos aislaron un nuevo coronavirus que era el coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (Covid-19) que no era SARS-CoV, MERS-CoV, influenza aviar, influenza y otros virus respiratorios comunes (Zhu, y otros, 2020).

Basado en la filogenia, la taxonomía y la práctica establecida, el Grupo de Estudio de Coronavirus (CSG) reconoce formalmente este virus como hermana de los coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV) de la especie Coronavirus relacionado con el síndrome respiratorio agudo severo y lo designa como coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (Covid-19) (Gorbalenya, y otros, 2020).

b) Fisiopatología

El COVID-19 es causado por el Covid-19, un betacoronavirus. Se compone de una estructura de ácido ribonucleico (ARN) monocatenario perteneciente a la subfamilia Coronavirinae, parte de la familia Coronaviridae. El análisis de secuencia del Covid-19 ha mostrado una estructura típica de la de otros coronavirus, y su genoma se ha comparado con una cepa de coronavirus previamente identificada que causó el brote de SARS en 2003 (Sohrabi, y otros, 2020).

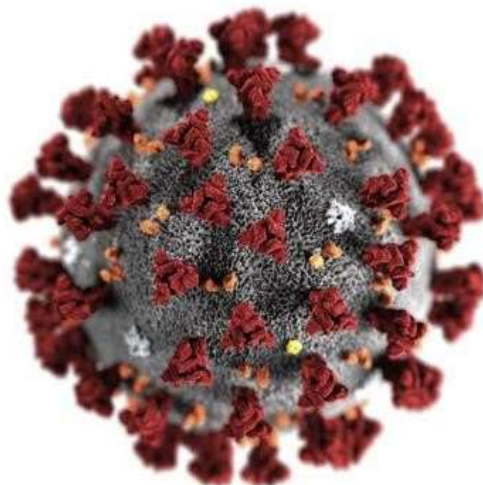


Figura 2: Ilustración gráfica del virus COVID-19

Fuente: (Sohrabi, y otros, 2020)

Estructuralmente, el coronavirus del SARS (SARS-CoV) tiene una composición bien definida que comprende 14 residuos de unión que interactúan directamente con la enzima convertidora de angiotensina humana 2. De estos aminoácidos, 8 se han conservado en el Covid-19. En humanos, se pensaba que los coronavirus causaban infecciones respiratorias leves hasta la identificación del SARS-CoV y el coronavirus MERS (MERS-CoV).

Aunque se desconocen los mecanismos fisiopatológicos exactos subyacentes a la aparición del Covid-19 (debido a ensayos de laboratorio pendientes), las similitudes genómicas con el SARS-CoV podrían ayudar a explicar la respuesta inflamatoria resultante que puede conducir a la aparición de neumonía grave. Hasta que se inicien estos ensayos de laboratorio, el mecanismo preciso del Covid-19 sigue siendo hipotético (Fehr & Perlman, 2015).

c) Signos y Síntomas

Los síntomas que produce el Covid-19 aparecen después de un período de incubación de aproximadamente 5,2 días (Li, y otros, 2020). El período desde el inicio de los síntomas de Covid-19 hasta la muerte osciló entre 6 y 41 días con una mediana de 14 días (Wang, Tang, & Wei, 2020).

Este período depende de la edad del paciente y del estado del sistema inmunitario del paciente. Fue más corto entre los pacientes mayores de 70 años en comparación con los menores de 70 años (Wang, Tang, & Wei, 2020). Los síntomas más comunes al comienzo de la enfermedad de Covid-19 son fiebre, tos y fatiga, mientras que otros síntomas incluyen producción de esputo, dolor de cabeza, hemoptisis, diarrea, disnea y linfopenia (Wang, Tang, & Wei, 2020), (Graham, y otros, 2020), (Huang, y otros, 2020).

Las características clínicas reveladas por una tomografía computarizada del tórax presentada como neumonía, hubo características anormales como síndrome de dificultad respiratoria aguda, lesión cardíaca aguda e incidencia de opacidades de gran cristal que condujeron a la muerte (Graham, De la Cruz, Cao, Pansnick, & Jamil, 2020).

En algunos casos, las múltiples opacidades de vidrio esmerilado periférico se observaron en regiones subpleurales de ambos pulmones que probablemente indujeron una respuesta inmune tanto sistémica como localizada que condujo a un aumento de la inflamación. Lamentablemente, el tratamiento de algunos casos con inhalación de interferón no mostró ningún efecto clínico y, en cambio, pareció empeorar la afección al progresar las opacidades pulmonares.

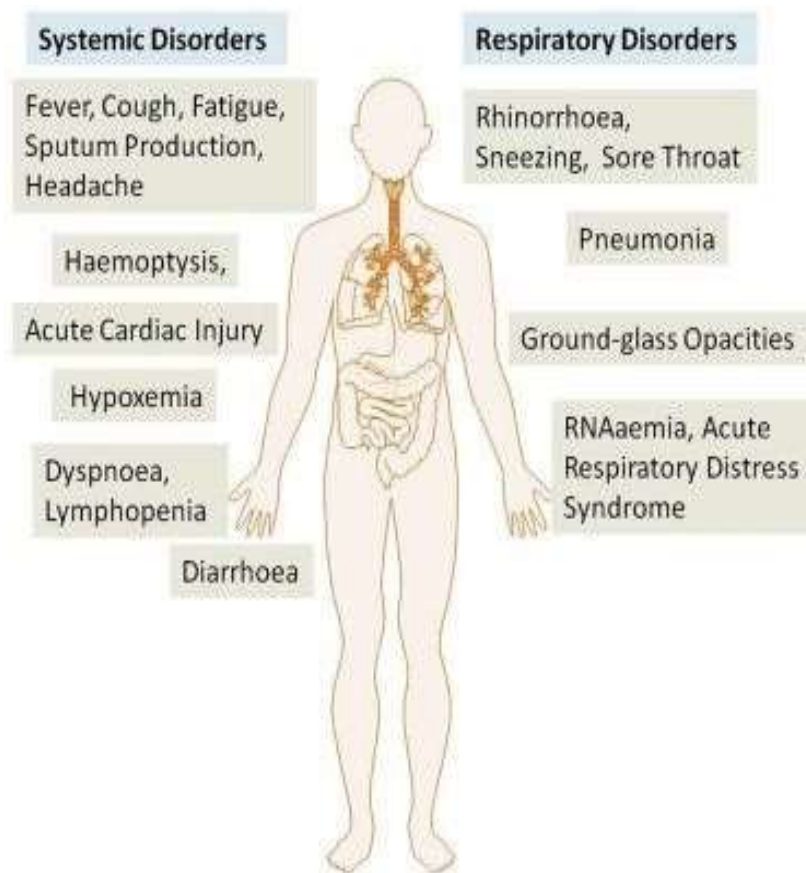


Figura 3: Trastornos sistémicos y respiratorios causados por el COVID-19

Fuente: (Rothan & Byrareddy, 2020)

d) Técnicas para el diagnóstico del Covid-19

Generalmente, para diagnosticar a un paciente con Covid-19, se puede lograr mediante tres técnicas diferentes:

- ***Reacción de cadena de la polimerasa con transcripción inversa en tiempo real (RT-PCR)***

Las pruebas de RT-PCR son bastante rápidas, sensibles y fiables. Se toma una muestra de la nariz o la garganta de una persona, se utilizan productos químicos para eliminar las grasas, proteínas y otras moléculas, dejando solo ARN (Li, Yao, Li, & Chen, 2020). Dicho ARN separado es una mezcla del propio material genético de una persona y, si está presente, el ARN del coronavirus.

Sin embargo, la prueba de RT-PCR tiene el riesgo de producir resultados falsos positivos y falsos negativos y, por lo tanto, no detecta todas las infecciones (Fan & Liu, 2020) . Por lo tanto, un resultado negativo de la prueba de RT-PCR no niega la posibilidad de infección por Covid-19. Debido a la propagación exponencial de Covid-19, estos casos no diagnosticados pueden causar efectos catastróficos

- ***Tomografía computarizada de tórax***

La tomografía computarizada de tórax se ha convertido en una herramienta de diagnóstico fundamental para el Covid-19, que detecta manchas blancas borrosas, irregulares y de "vidrio esmerilado" en el pulmón, un signo revelador del Covid-19 (Shaban, Rabie, Saleh, & Abo-Elsoud, 2020).

Sin embargo, en la investigación propuesta por (Ye & Zhang, 2020), manifiesta que la sensibilidad de la tomografía computarizada (TC) en el diagnóstico de Covid-19 es significativamente mayor que la de la RT-PCR. Sin embargo, la evidencia actual sugiere que las tomografías computarizadas y las radiografías no son lo suficientemente específicas para diagnosticar o descartar Covid-19, esto se debe a las siguientes razones; (i) Las TC a veces no detectan tejido pulmonar coronario. Por lo tanto, las tomografías computarizadas pueden dar lugar a un falso negativo y, en consecuencia, impacta negativamente en la capacidad de obtener el mejor tratamiento o prolonga el tiempo para recibir el tratamiento. En consecuencia, el coronavirus puede progresar para destruir el pulmón del paciente y se permite la infección. (ii) Las TC carecen de detalle, ya que no pueden identificar los tumores más agresivos, por lo que no pueden diferenciar entre tejido canceroso, quistes (o fibromas) y tejido coronario. Si bien los pacientes con Covid-19 pueden mostrar una anomalía en una radiografía de tórax o una tomografía computarizada, muchos otros problemas pulmonares pueden parecer muy similares. (iii) Aunque la TC puede dar como resultado un diagnóstico rápido de Covid-19, los resultados rápidos significan falsos negativos rápidos y una falsa tranquilidad rápida. Esto también significa la liberación rápida de personas con Covid-19, lo que les permite mezclarse con personas sin la infección que pueden ser potencialmente vulnerables (Shaban, Rabie, Saleh, & Abo-Elsoud, 2020).

- ***Pruebas numéricas de laboratorio***

Estas pruebas se basan en análisis de sangre para detectar IgM, IgA, IgG o anticuerpos totales. Sin embargo, estas pruebas depende mucho del paciente a la respuesta de los anticuerpos que pueda producir y del tiempo que lleva con la enfermedad. Normalmente, es entre 7 a 11 días para que un paciente se seroconvierta, lo que representa que no es útil en un contexto de una enfermedad aguda (Al-Muharraqi, 2020).

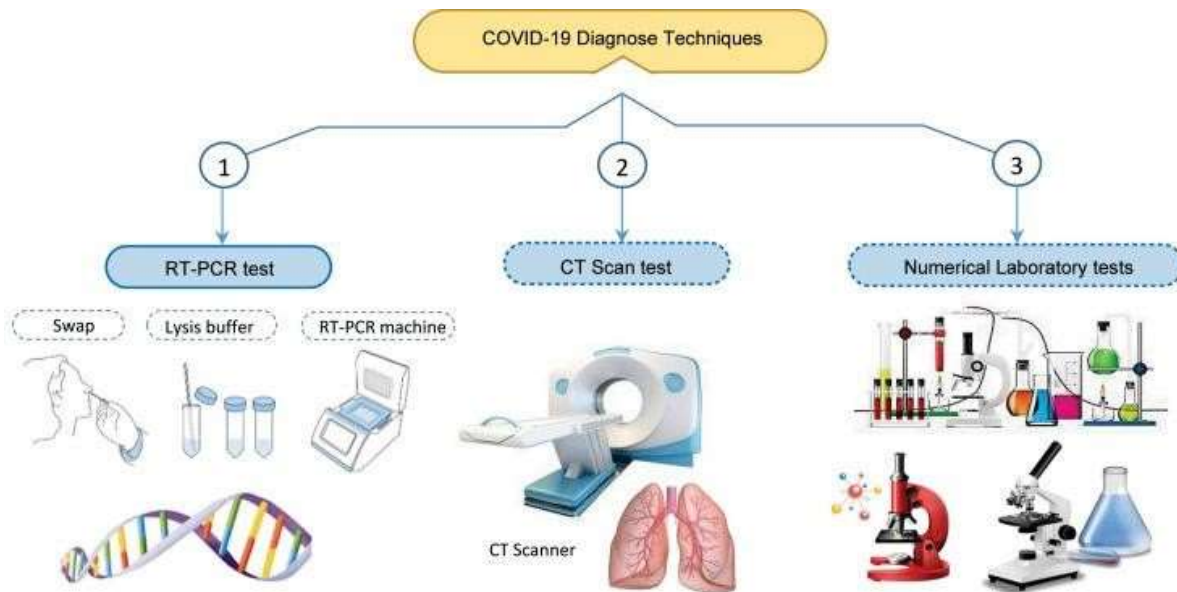


Figura 4: Diferentes técnicas propuestas para el diagnóstico del Covid-19.

Fuente: (Shaban, Rabie, Saleh, & Abo-Elsoud, 2020)

2.2.2 Lógica difusa

a) Fundamentos

La lógica difusa fue desarrollada por el matemático Lofti Asker Zadeh teniendo como base, la teoría de los conjuntos difusos (Ponce, 2010). En teoría, “la lógica difusa es una lógica multivaluada que permite representar matemáticamente la incertidumbre y la vaguedad proporcionando herramientas formales para su tratamiento” (Gonzales , s.f, p.7).

Por ejemplo, la temperatura corporal de una persona, es una variable que puede tomar diferentes valores lingüísticos, como: “normal”, “moderadamente alto”, o “muy alto”. Sin embargo, estas reglas, desde el punto de vista del ser humano es entendible, pero difícilmente podría ser que un computador entienda de esta manera.

Las personas suelen confundir la lógica difusa con probabilidad. Sin embargo, son conceptos totalmente diferentes. La corrección de la lógica difusa representa un miembro con los conjuntos definidos como vago, pero no representa una posibilidad de un evento o una condición que aparece (Hoang & Nguyen, 2019).

Actualmente, la lógica difusa tiene diferentes aplicaciones especialmente en la industria y la medicina, utilizando la teoría de conjuntos difusos, reglas de conocimiento, entre otros, que se van a detallar más adelante.

b) Conjuntos difusos

La teoría de los conjuntos difusos, parte de la generalidad de la lógica booleana, que representa especialmente diferentes formas de intersección entre conjuntos, siendo las

principales operaciones: unión (OR), intersección (AND), negación (NOT) y otros (Ponce, 2010).

La diferencia principal radica en que un conjunto booleano, solo presenta dos grados de pertenencia, 1 y 0; mientras que, un conjunto difuso muestra todos los grados de pertenencia entre 1 y 0 (Ponce, 2010)

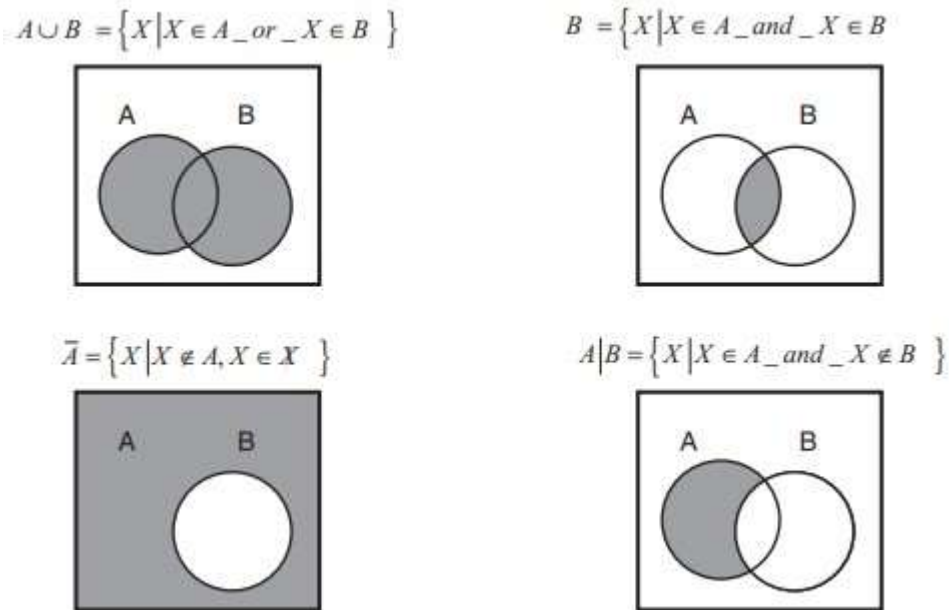


Figura 5: Representación gráfica de las operaciones más comunes en lógica booleana
Fuente: (Ponce, 2010).

Un conjunto difuso, se puede expresar de dos formas: discreta y continua. El cual presenta los siguientes elementos:

$$A = \{ \mu_{X_1} A(X_1) + \mu_{X_2} A(X_2) + \dots + \mu_{X_n} A(X_n) \}$$

Donde:

A: Nombre del conjunto difuso

μ_A : función de membresía entre 0 y 1

X_1 : valores del universo de discurso

c) Operaciones en conjuntos difusos

Las operaciones más comunes entre conjuntos difusos están representado por: unión, intersección, negación y complemento. A continuación, se describe las expresiones matemáticas para cada una de ellas.

- **Unión:** Esta representado por la función de membresía más alto de dos valores del universo de discurso.

$$\mu_{A \cup B} = \mu_A(X) \vee \mu_B(X)$$

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x, y), \mu_B(x, y))$$

- **Intersección:** Representa el menor valor de la función de membresía de dos valores del universo de discurso.

$$\mu_{A \cap B} = \mu_A(X) \wedge \mu_B(X)$$

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x, y), \mu_B(x, y))$$

- **Complemento:** Se calcula restando 1 menos el valor de función de membresía de un valor del universo de discurso.

$$\mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A(x)$$

$$\mu_{\bar{A}}(x, y) = 1 - \mu_A(x, y)$$

A continuación, se describe el proceso de cómo realizar cada una de estas operaciones, teniendo en cuenta los siguientes conjuntos difusos:

$$A = \left\{ \frac{0.5}{X_1} + \frac{0.8}{X_2} \right\} \quad B = \left\{ \frac{0.7}{X_1} + \frac{0.6}{X_2} \right\}$$

Calcular lo que se solicita:

a) $\mu_{A \cup B}(x)$

b) $\mu_{A \cap B}(x)$

c) $\mu_A(x)$

Resultado:

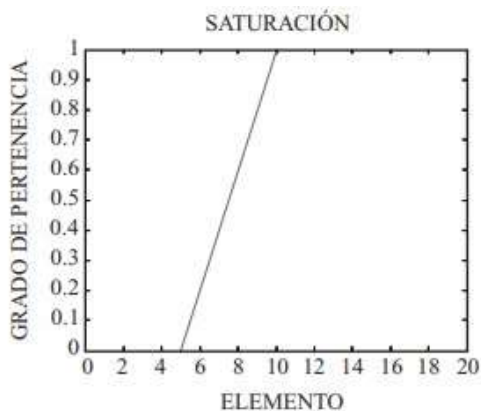
a) $\mu_{A \cup B}(x) = \left\{ \frac{0.7}{x_1} + \frac{0.8}{x_2} \right\}$
 c) $\mu_B(x) = \{0x.13 + 0x.24\}$

b) $\mu_{A \cap B}(x) = \left\{ \frac{0.5}{x_1} + \frac{0.6}{x_2} \right\}$

d) Funciones de membresía

También conocido como funciones de pertenencia, representa el grado de pertenencia de cada elemento que contiene el conjunto difuso (Ponce, 2010), “describiendo el funcionamiento de un sistema en diferentes grados de operación, donde cada función de membresía de forma específica representa un respectivo nivel” (Garcia, Medel, Sanchez, & Tequianez, 2009, p20).

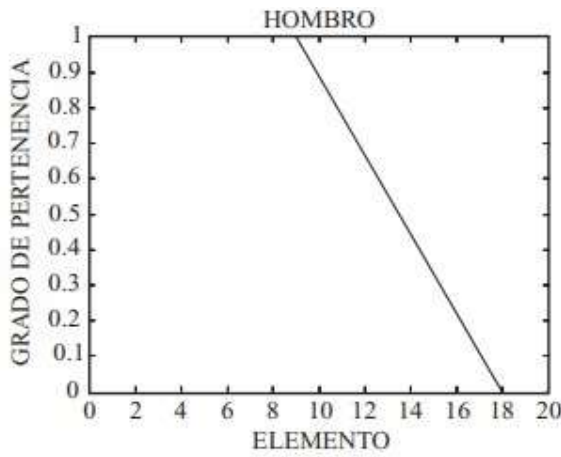
Función de saturación: Es considerado como una de las más sencillas en el grupo de las funciones de membresía. Se utiliza para representar escenarios en el cual se requiere obtener un nivel máximo a partir de un punto determinado.



$$f(x) = \begin{cases} 0 & x \leq \alpha \\ \frac{x - \alpha}{\beta - \alpha} & \alpha < x < \beta \\ 1 & x \geq \beta \end{cases}$$

Figura 6: Representación gráfica y matemática de la función de tipo saturación
Fuente: (Ponce, 2010)

Función hombro: Se utiliza esta función cuando “cuando el grado de pertenencia es total en valores pequeños y decae conforme el valor de la variable aumenta” (Ponce, 2010, p.50).

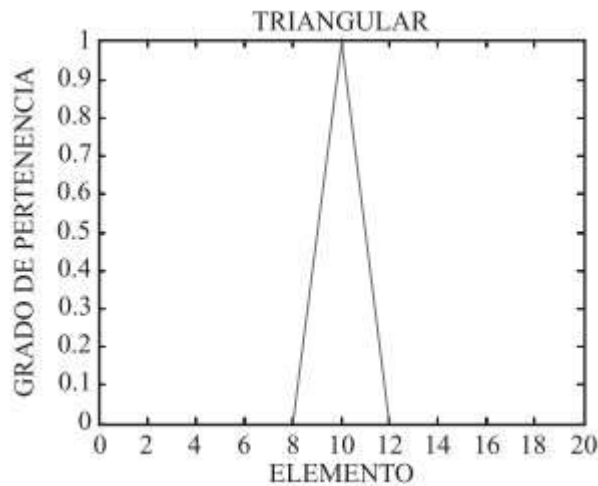


$$f(x) = \begin{cases} 1 & x \leq \alpha \\ \frac{\beta - x}{\beta - \alpha} & \alpha \leq x \leq \beta \\ 0 & x \geq \beta \end{cases}$$

Figura 7: Representación gráfica y matemática de la función de tiempo hombro

Fuente: (Ponce, 2010)

Función triangular: El uso de esta función “es muy adecuado para definir situaciones en las que se tiene un valor óptimo central, el cual se va perdiendo conforme uno se aleja. Un ejemplo de esta situación es la temperatura corporal, que tiene un valor óptimo de 37° centígrados” (Ponce, 2010, p.50).



$$f(x) = \begin{cases} \frac{x - \alpha}{\beta - \alpha} & \alpha \leq x \leq \beta \\ \frac{\delta - x}{\delta - \beta} & \beta \leq x \leq \delta \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

Figura 8. Representación gráfica y matemática de la función de tipo triangular

Fuente: (Ponce, 2010)

Función trapecio: “se emplea cuando hay un rango de valores óptimos, alrededor de los cuales las condiciones no son adecuadas” (Ponce, 2010, p.52).

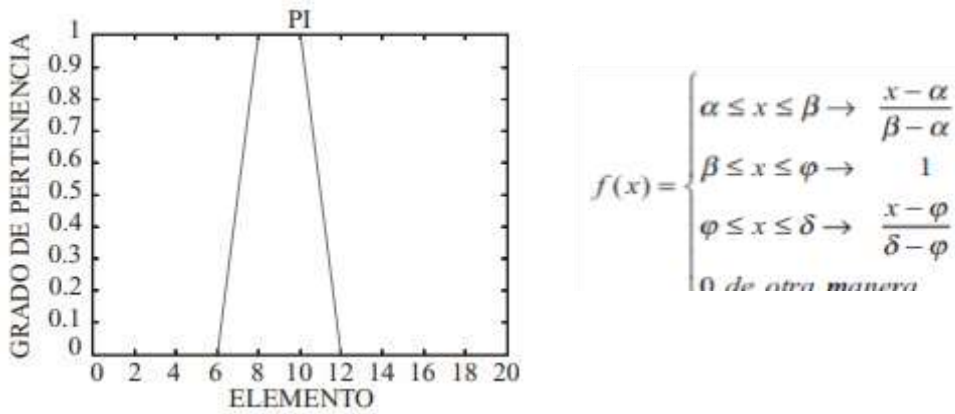


Figura 9: Representación gráfica y matemática de la función de tipo trapecio
Fuente: (Ponce, 2010)

Función sigmoidea o “S”: Se utiliza esta función cuando se quiere explicar fenómenos como los establecidos en la función de tipo saturación. Lo que distingue a esta función es principal en los cambios de grado de membresía a cierto conjunto no es tan drásticos, por lo que representa valores más parecidos a la realidad (Ponce, 2010).

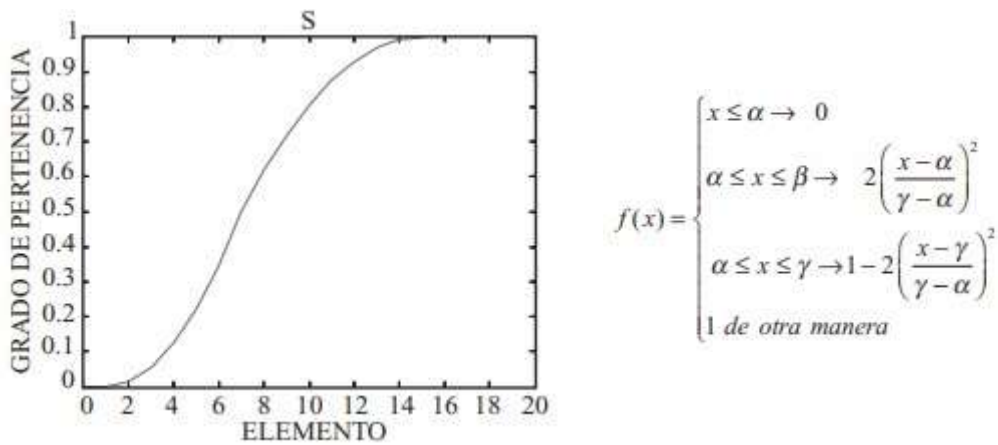


Figura 10: Representación gráfica y matemática de la función de tipo "S"
Fuente: (Ponce, 2010)

e) Controlador difuso

Un controlador difuso se forma principalmente de cuatro partes: como punto de partida está representado por la *interfaz de difusificación*, para luego pasar a la *lógica de decisiones*, el cual forma la *base de conocimientos*, y finalmente corresponde a la *interfaz de desfuzificación*.

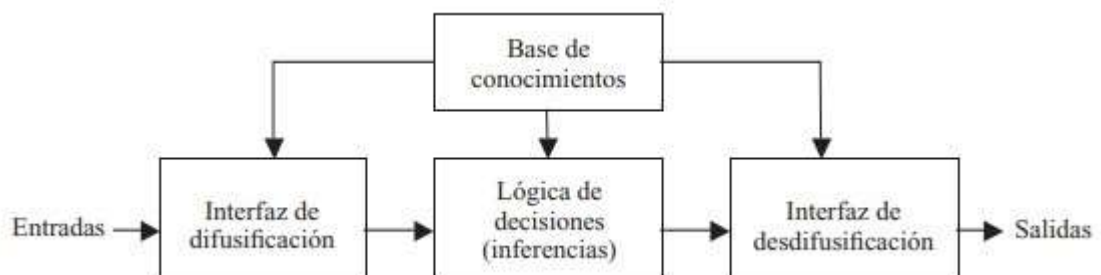


Figura 11: Diagrama general del funcionamiento de un controlador difuso
Fuente: (Ponce, 2010)

2.3. Marco Conceptual

- **Fisiopatología:** Según la Real Academia Española, describe que es el Estudio de la relación entre las funciones de un organismo y sus posibles alteraciones.
- **Variable dicotómica:** Representa la combinación para “caracterizar variables definidas por su pertenencia o no a un grupo” (Parra, 2019).

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

“La verdadera sabiduría está en reconocer la propia ignorancia”

Sócrates.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Población

Comprende un total de cincuenta (50) casos clínicos de pacientes infectados por Coronavirus en el Perú, de la región Lambayeque. Esta información ha sido proporcionada por el director de la Escuela de Medicina Humana de la Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Chiclayo.

3.2. Muestra

Está delimitada por el total de la población de casos clínicos de pacientes infectados por Coronavirus en la Región Lambayeque, ciudad de Chiclayo, 2020.

3.3. Unidad de análisis

Se utiliza como herramienta de análisis de datos, la matriz de confusión, el cuál permite evaluar que tan bueno son los resultados que produce el modelo propuesto. Para este caso, se utilizará cuatro métricas que son: exactitud, precisión, sensibilidad y especificidad.

3.4. Operacionalización de variables

Variable independiente

Modelo automatizado basado en clasificadores difusos

Variable dependiente

Diagnóstico de COVID-19

Tabla 1: Operacionalización de variable independiente

Variable Independiente: Modelo automatizado basado en clasificadores difusos		
Indicadores	Unidad de medida	Instrumento de Investigación
Tiempo de procesamiento de datos (TPD)	$TPD = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{N}$	Observación, Análisis documental

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Operacionalización de variable dependiente

Variable dependiente: Diagnóstico de COVID-19		
Indicadores	Unidad de medida	Instrumento de Investigación
Exactitud (E)	$E = \frac{\text{Reales Positivos} + \text{Reales Negativos}}{\text{Predicciones totales}}$	Observación, Análisis documental

Precisión (P)	$P = \frac{\text{Reales positivos}}{\text{Reales positivos} + \text{Falsos positivos}}$
Sensibilidad (S)	$S = \frac{\text{Reales positivos}}{\text{Reales positivos} + \text{Falsos Negativos}}$
Especificidad (SP)	$SP = \frac{\text{Reales negativos}}{\text{Reales negativos} + \text{Falsos positivos}}$

Fuente: Elaboración propia

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

Las técnicas por utilizar hacen referencia a la forma de cómo se van a obtener los datos, mientras que los instrumentos representan los medios materiales, a través de los cuales se hace posible la obtención de datos. Estas técnicas e instrumentos se presentan en la tabla 3.

Tabla 3: Técnicas e instrumentos empleado para el desarrollo de la investigación.

TÉCNICAS		
Descripción	Forma de aplicación	Forma de obtención
Análisis documentario	Personal	Corresponde al análisis de la información obtenida de papers, informes, tesis y revistas científicas para determinar los signos y síntomas más comunes que presenta un paciente cuando contrae la enfermedad del Covid-19.
Observación	Personal	Para verificar el rendimiento de los experimentos realizados con la aplicación a desarrollar.
INSTRUMENTOS		
Registro de pruebas	Personal	Los datos que se obtiene después de la evaluación para medir los diferentes indicadores se registran para luego ser analizados.

Fuente: Elaboración propia

3.6. Procedimientos

El procedimiento llevado a cabo en la presente investigación de manera específica se detalla en el Capítulo IV. De manera general contempla lo siguiente:

- Etapa1: Se establece un procedimiento general para determinar los signos y síntomas que presenta un paciente luego de contraer el Covid-19. Para ello, se realiza un análisis documental de las investigaciones más recientes durante el año 2020.

- Etapa 2: Se construye el modelo teniendo en cuenta los signos y síntomas más frecuentes en la etapa 1. A partir de ello, se desarrolla cada procedimiento de un controlador difuso.
- Etapa 3: Para optimizar tiempos, se ha optado por implementar el modelo automatizado en la herramienta de XFuzzy en su versión 3.5.
- Etapa 4: Los resultados obtenidos por el modelo, se analizan bajo la matriz de confusión, teniendo en cuenta cuatro métricas de análisis: precisión, sensibilidad, exactitud, y especificidad.

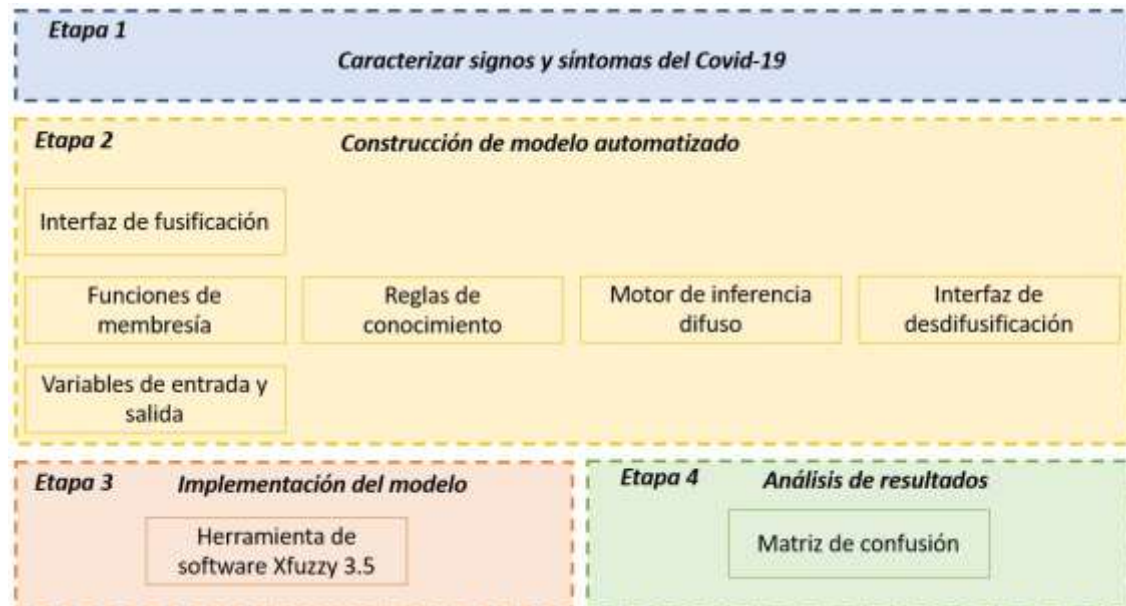


Figura 12: Procedimiento general para el desarrollo de la presente investigación.

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Diseño de contrastación

En vista que el presente trabajo aborda un diseño de investigación cuantitativa, es necesario definir el tipo de diseño que se va a utilizar. Por esta razón, se aborda el diseño de investigación experimental por las siguientes razones:

El *diseño de investigación experimental*, “se utiliza para establecer la relación entre causa y efecto (...) causada por la variable independiente sobre la variable dependiente” (QuestionPro, s.f).

En este caso, se evalúa el efecto que produce la variable independiente “modelo automatizado basado en clasificadores difusos” sobre la variable dependiente “diagnóstico de COVID-19”.

3.8. Procesamiento y análisis de datos

Para validar los resultados que genera el modelo propuesto, se ha construido la matriz de confusión, el cual se basa en cuatro parámetros principalmente conocido como reales positivos (RP), falsos positivos (FP), falsos negativos (FN) y reales negativos (RN).

Tabla 4: Matriz de confusión para evaluar el resultado que genera el modelo propuesto

		Resultado Clasificación	
		Covid-19 (positivo)	Covid-19 (negativo)
Instancias reales	Covid-19 (positivo)	Reales positivos	Falsos negativos
	Covid-19 (negativo)	Falsos positivos	Reales negativos

Fuente: Elaboración propia

A partir de la matriz de confusión, tal como se presenta en la Tabla 4, se ha calculado las siguientes métricas de evaluación, para lo cual se describe las siguientes expresiones matemáticas.

- a) **Precisión:** Evalúa la calidad de respuestas positivas que genera el modelo.

$$Precision = \frac{Reales\ Positivos}{Reales\ Positivos + Falsos\ Positivos}$$

- b) **Exactitud:** Evalúa el resultado global de la exactitud y la clasificación exacta.

$$Exactitud = \frac{Reales\ Positivos + Reales\ Negativos}{Predicciones\ totales}$$

- c) **Sensibilidad:** Evalúa la eficiencia de clasificación de todos los elementos que pertenecen a una misma clase.

$$Sensibilidad = \frac{Reales\ Positivos}{Reales\ Positivos + Falsos\ Negativos}$$

- d) **Especificidad:** Evalúa la eficiencia de clasificación de todos los elementos que no son de la misma clase.

$$Especificidad = \frac{Reales\ Negativos}{Reales\ Negativos + Falsos\ Positivos}$$

(Li et al., 2020)	x	x	x	-	x	x	-	-	-
(Huang et al., 2020)	x	x	x	x	x	x	-	-	-
(Tian et al., 2020)	x	x	x	-	x	x	-	-	-
(Chen et al., 2020)	x	x	x	-	x	x	x	x	x
(Wang et al., 2020)	x	x	x	x	x	x	x	-	x
(Liu et al., 2020)	x	x	x	x	x	x	x	-	x
(Guan et al., 2020)	x	x	x	x	x	x	x	-	x
(Rodriguez et al., 2020)	x	x	x	x	x	x	x		x
Síntomas frecuentes	9	9	9	6	9	9	6	1	5

Fuente: Elaboración propia

Además, se consideraron otros síntomas mencionados por la OMS o utilizados por otras herramientas tecnológicas (OMI, 2020), (Comunidad de Madrid, 2020), (Apple, 2020) como factores importantes a tener en cuenta en el diagnóstico del SRAS-CoV-2. Estos son: edad y sexo del paciente, el contacto externo con un paciente enfermo y si ha tenido malestar general en los últimos días.

4.2 Diseñar el modelo automatizado basado en reglas difusas según los signos y síntomas de Covid-19.

En esta etapa, se toma como referencia el modelo general de un controlador difuso, el cual ha sido definido teóricamente en el número 2.2.2 inciso e, del presente trabajo.

4.2.1 Interfaz de difusificación

Es el proceso mediante el cual se transforma los datos de entrada en valores lingüísticos etiquetados mediante funciones de pertenencia o conjuntos difusos (Ponce, 2010). Esto significa, identificar las variables de entrada y salida con el cual va a trabajar el modelo.

a) Variables de entrada y salida

El modelo trabaja con once variables lingüísticas como entradas del clasificador el cual han sido definidos en el numeral 4.1, que son: malestar general, contacto externo, edad, sexo, fiebre, tos, disnea, producción de flema, mialgia, dolor de cabeza y diarrea.

El clasificador tiene como salida la variable diagnóstico del paciente, identificándolo como infectado o no con Covid-19

b) Funciones de membresía

El proceso de difusificación se realiza introduciendo funciones de membresía, también conocido como funciones de pertenencia a cada variable de entrada y de salida, que representan el grado de pertenencia de una variable a un conjunto difuso determinado.

Las variables de entrada: malestar general, contacto externo, fiebre, tos, disnea, producción de flema, mialgias, dolor de cabeza y diarrea, está representado por los valores lingüísticos "SÍ" y "NO", donde "SÍ" se etiqueta como 1 y "NO" como 0 (Tabla 5). Para dichas variables, se tomó como función de pertenencia una función triangular (Fig. 13). Cada una de estas variables tiene un universo lingüístico de [0, 1].

Tabla 6: Representación lingüística de las variables de entrada: malestar general, contacto externo, fiebre, tos, disnea, producción de flema, mialgia, dolor de cabeza y diarrea con sus valores lingüísticos.

Función de membresía	Tipo	Parámetros
SI	Triangular	[0 1 2]
NO	Triangular	[-1 0 1]

Fuente: Elaboración propia

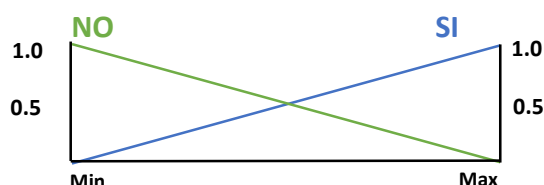


Figura 13: Representación de la función de pertenencia triangular para las variables de entrada: malestar general, contacto externo, fiebre, tos, disnea, producción de flema, mialgia, dolor de cabeza y diarrea

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la variable de entrada Género, existen dos tipos de valores lingüísticos: "Hombre" y "Mujer", donde el primero se representa como 1 y el segundo como 0 (Tabla 6). La función de pertenencia de cada conjunto también se representó como una triangular. Esta variable tiene un universo lingüístico de [0, 1].

Tabla 7: Representación lingüística de la variable de entrada género

Función de membresía	Tipo	Parámetros
Hombre	Triangular	[0 1 2]
Mujer	Triangular	[-1 0 1]

Fuente: Elaboración propia

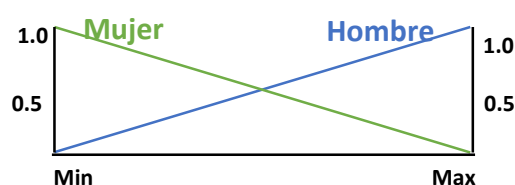


Figura 14: Representación de la función de pertenencia triangular de la entrada de género.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la variable Edad, utilizamos los mismos valores lingüísticos publicados en tres trabajos anteriores "Joven", "Joven adulto", "Viejo" y "Muy viejo" (Kahtan & et. al, 2018), (Diusenbayeva & et. al, 2016), (Kasbe & Singh, 2017), que se muestran en la Tabla 7. Elegimos funciones trapezoidales como funciones de pertenencia de los conjuntos "Joven" y

"Muy viejo" y triangulares como funciones de pertenencia de los conjuntos "Joven adulto" y "Viejo" (Fig. 15). Esta variable tiene un universo de discurso de [0 - 100].

Tabla 8: Representación lingüística de la entrada de edad.

Funciones de membresía	Tipo	Parámetros
------------------------	------	------------

Joven	Trapezoidal	[-20 0 25 38]
Joven adulto	Triangular	[32 40 45]
Viejo	Triangular	[40 50 60]
Muy viejo	Trapezoidal	[50 60 100 120]

Fuente: (Kahtan & et. al, 2018), (Diusenbayeva & et. al, 2016), (Kasbe & Singh, 2017),

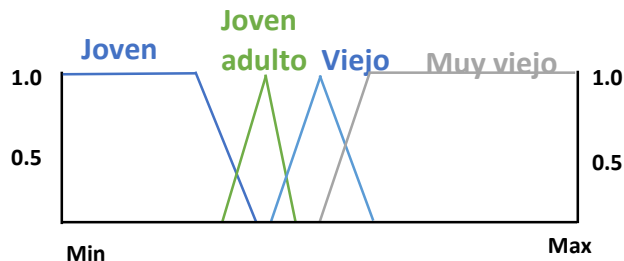


Figura 15: Representación de las funciones de pertenencia trapezoidal y triangular de la variable Edad.

Fuente: Elaboración propia

Por último, la salida del clasificador correspondiente al diagnóstico del paciente se dividió en cuatro conjuntos, correspondientes a los valores lingüísticos: "Muy bajo", "Bajo", "Medio" y "Alto", mostrados en la Tabla 8. Se eligieron funciones trapezoidales como funciones de pertenencia de los conjuntos "Muy bajo" y "Alto", mientras que las triangulares se utilizaron para los conjuntos "Bajo" y "Medio", como se muestra en la Fig. 16. Esta variable tiene un universo de habla de [-1, 5].

Tabla 9: Representación lingüística de la variable de salida Diagnóstico.

Funciones de membresía	Tipo	Parámetros
Muy bajo	Trapezoidal	[-2 -1 0.5 1]
Bajo	Triangular	[0.5 1.5 2.5]
Medio	Triangular	[2 3 4]
Alto	Trapezoidal	[3.5 4 5 6]

Fuente: Elaboración propia.

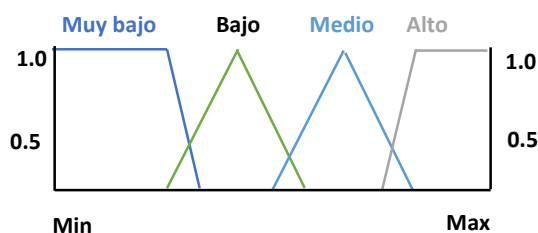


Figura 16: Representación de las funciones de pertenencia trapezoidal y triangular de la variable de salida Diagnóstico

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Reglas de conocimiento

Las reglas de conocimiento, también conocidas como reglas difusas, se consideran una de las partes más importantes del clasificador difuso y su interpretación de las reglas decide la precisión del sistema (Kasbe & Singh, 2017), (Reshmalakshmi & Sasikumar, 2016). El mecanismo de inferencia utilizado para calcular el valor difuso global del sistema corresponde a Mamdani, que representa cada regla como un conjunto de declaraciones IF-THEN.

Regla i: Si X es A, Y es B, entonces Z es Ci.

Donde X se conoce como antecedente y A como consecuente, que se forma mediante conjunciones (AND). Las reglas fueron ajustadas empíricamente, habiéndose construido un total de 4096 el cual se presenta en el **Anexo 01**, validadas con datos de las historias clínicas de todos los pacientes considerados en la muestra y por el Director de la Escuela Profesional de Medicina Humana de la Universidad Señor de Sipán. La tabla 6 muestra algunas de las reglas construidas parte del Anexo 01, se detalla todas las reglas construidas.

Tabla 10: Reglas difusas Si- Entonces

1.	if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) ⑦ DIAGNOSTICO = Muy_baja;
2.	if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) ⑦ DIAGNOSTICO = Baja;
3.	if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) ⑦ DIAGNOSTICO = Baja;
4.	if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) ⑦ DIAGNOSTICO = Mediana;
5.	if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) ⑦ DIAGNOSTICO = Mediana;
6.	if(MG == SI & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) ⑦ DIAGNOSTICO = Mediana;
:	:
4094	if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) ⑦ DIAGNOSTICO = Alta;
4095	if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) ⑦ DIAGNOSTICO = Alta;
4096	if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) ⑦ DIAGNOSTICO = Alta;
Leyenda: MG: Malestar general CE: Contacto externo DC: Dolor de cabeza	

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Motor de inferencia difusa

A partir del conjunto de reglas de conocimiento construidas, conocidas como premisas, las reglas de inferencia de la lógica difusa presiden la deducción de cada una de las proposiciones establecidas.

En este caso, el motor de inferencia de la lógica difusa está representado por la inferencia tradicional de la lógica difusa conocida como modus ponens, que determina una conclusión a partir de las premisas $p_i = [p_i^-, p_i^+]$, en general, una aproximación más que una consecuencia exacta de $\{[p_i^-, p_i^+] | i \in Z_+\}$ (García-Infante & et al, 2009)

4.2.4. Interfaz de desdifusificación

La desdifusificación es el proceso de selección de un valor de salida a su correspondiente universo de discusión (Ponce, 2010). En este trabajo, para realizar la desdifusificación se ha elegido el centro de gravedad o centro de masa, presentado en la siguiente ecuación, que permite encontrar el valor de equilibrio de una propiedad (Silva & Ribeiro, 2020).

$$z = \frac{\sum_{i=1}^N z_i C(z_i)}{\sum_{i=1}^N C(z_i)} \quad z = [z_1 \dots z_n], \quad C = \bigcup_{k=1}^N C_k$$

Donde N, representa el número de reglas difusas construidas.

4.3 Implementar el modelo automatizado propuesto.

En este estudio se utilizó una base de datos con los síntomas de 19 pacientes sintomáticos, 3 asintomáticos diagnosticados con Covid-19 y 14 sujetos con diagnóstico negativo de un hospital público de Chiclayo (Perú), el cual ha sido obtenido en coordinación con el Director de Escuela de Medicina Humana de la Universidad Señor de Sipán. A este conjunto de datos, se ha sumado de 14 pacientes encuestados de Chiclayo e Ibagué.

El modelo propuesto en el presente trabajo de investigación fue implementado en un ordenador con un procesador Intel Core i3-2310M que trabaja a 2.10GHz, con una capacidad de 4 GB de RAM, bajo el entorno de desarrollo del sistema operativo de Microsoft Windows 7 de 64 bits. El método fue desarrollado utilizando la aplicación XFuzzy 3.5.

Se utiliza la teoría de la lógica difusa para el desarrollo del modelo propuesto, en particular en la información lingüística proporcionada por los expertos en el ámbito médico para el diagnóstico de la enfermedad (Allahverdi & Akcan, 2011). Esta información puede representarse mediante reglas difusas y métodos de inferencia (Kahtan & et. al, 2018).

4.4 Resultados obtenidos.

El modelo propuesto obtuvo un diagnóstico idéntico al dado por el especialista, identificando correctamente a todos los pacientes sintomáticos e identificando a los asintomáticos como negativos. Esto se debe a que las diferentes variables de entrada/salida y la creación de la base de conocimientos del clasificador difuso fue el producto de un estudio exhaustivo de los efectos de las diferentes variables de entrada sobre la variable de salida, que clasifica al sujeto en cuatro clases posibles, en función del grado de pertenencia a la clase.

Un paciente se identifica como positivo si se asigna a las clases media o alta. La salida generada por el modelo para los dos conjuntos de datos de prueba se muestra en la Tabla 10, en las columnas "Valor difuso" y "Diagnóstico difuso"

Tabla 11: Datos clínicos de pacientes sintomáticos y asintomáticos diagnosticados de Covid-19 y el diagnóstico producido por el modelo propuesto

	GM	EC	S	FV	T	D	PP	M	HA	DA	E	Diagnóstico médico	Valor difuso	Diagnóstico difuso
1.	N	S	F	N	N	N	N	N	N	N	35	Positivo	3.00	Medio
2.	N	S	F	N	N	S	N	S	N	N	34	Positivo	3.00	Medio
3.	S	N	M	S	S	S	S	S	N	N	73	Positivo	3.00	Medio
4.	S	N	M	S	S	S	S	S	N	S	60	Positivo	4.52	Alto
5.	S	N	M	S	S	S	S	S	N	S	69	Positivo	4.52	Alto
6.	S	N	F	S	S	S	S	S	N	N	60	Positivo	3.00	Medio
	S	N	M	S	S	S	S	S	N	S	69	Positivo	4.52	Alto
	S	N	M	S	S	S	N	N	N	N	41	Positivo	1.52	Bajo
10.														
7.														
8.														
9.	S	N	M	N	N	S	N	S	N	N	32	Positivo	-0.33	Muy bajo
	S	N	M	S	S	S	S	S	N	S	31	Positivo	4.43	Alto
11.	S	N	F	N	N	S	N	S	N	N	26	Positivo	1.52	Bajo
12.	S	N	M	S	S	S	N	S	N	N	59	Positivo	4.51	Alto
13.	S	N	M	S	S	S	N	S	N	N	57	Positivo	3.00	Medio
14.	S	S	F	N	S	S	N	S	N	N	33	Positivo	3.00	Medio
15.	S	N	F	S	S	S	N	S	N	N	50	Positivo	3.00	Medio
16.	S	N	M	S	S	S	S	S	N	N	30	Positivo	3.00	Medio
17.	S	N	M	S	S	S	N	S	N	S	56	Positivo	3.00	Medio
18.	S	N	M	S	S	S	N	S	N	N	68	Positivo	3.00	Medio
19.	S	N	M	S	S	S	S	S	N	N	80	Positivo	3.00	Medio
20.	S	S	M	S	S	S	S	S	N	S	17	Positivo	4.52	Alto
21.	S	S	M	S	S	N	S	S	N	N	41	Positivo	3.00	Medio
22.	S	N	M	S	S	S	S	S	N	N	47	Positivo	3.00	Medio
23.	S	S	F	S	S	N	N	S	S	N	26	Positivo	4.51	Alto
24.	S	S	F	S	S	S	S	S	S	N	68	Positivo	4.52	Alto
25.	S	S	M	S	S	S	N	S	S	N	47	Positivo	4.47	Alto
26.	S	N	F	S	S	S	S	S	S	N	23	Positivo	4.52	Alto
27.	S	N	F	S	S	N	S	S	S	N	33	Positivo	4.36	Alto
28.	S	N	F	S	S	S	S	N	S	N	28	Positivo	4.49	Alto
29.	N	S	M	N	N	S	S	N	N	N	90	Positivo	3.0	Medio
30.	S	S	F	N	S	N	S	N	N	N	11	Positivo	3.0	Medio
31.	N	S	F	N	S	N	S	N	N	N	30	Positivo	3.0	Medio
32.	S	S	F	N	N	N	S	N	N	S	34	Positivo	3.0	Medio
33.	S	S	M	S	S	S	N	N	N	N	73	Positivo	4.52	Alto
34.	N	S	F	N	S	N	N	N	N	N	67	Positivo	3.0	Alto
35.	N	S	F	S	S	N	S	N	N	N	67	Positivo	3.0	Medio
36.	S	S	F	S	S	S	N	N	N	N	42	Positivo	4.45	Alto
37.	N	N	F	N	S	S	S	S	N	N	39	Negativo	1.52	Bajo
38.	N	N	F	S	S	S	N	N	N	N	29	Negativo	1.49	Bajo
39.	N	N	M	N	S	N	S	N	N	N	39	Negativo	-0.33	Muy bajo
40.	N	N	M	S	S	N	N	N	N	N	11	Negativo	-0.33	Muy bajo
41.	N	N	F	N	S	N	S	S	N	N	47	Negativo	1.50	Bajo
42.	N	N	M		S		N	S	N	N	43	Negativo	1.51	Bajo
43.	N	N	M	N	S	N	S	N	N	N	37	Negativo	-0.33	Muy bajo
44.	N	N	M	N	S	N	S	S	N	N	27	Negativo	1.52	Muy bajo

45.	N	N	F	N	S	S	S	N	N	N	23	Negativo	1.52	Bajo
46.	N	N	F	N	S	N	N	S	N	N	38	Negativo	-0.33	Muy bajo
47.	S	N	M	N	S	N		N	N	N	59	Negativo	-0.33	Muy bajo
48.	S	N	F	N	S	N	S	N	N	N	59	Negativo	-0.33	Muy bajo
49.	S	N	M	N	S	N	S	N	N	N	53	Negativo	-0.33	Muy bajo
50.	S	N	F	N	S	N	N	N	N	N	37	Negativo	-0.33	Muy bajo

Leyenda: MG: malestar general, EC: contacto externo, S: sexo, FV: fiebre, T: tos, D: disnea, FP: producción de flema, M: mialgia, DC: dolor de cabeza, DA: diarrea, E: edad, F: femenino, M: masculino, Y: Si, N: No

Con los datos de la Tabla 10 se construyó la matriz de confusión para analizar los resultados obtenidos con el modelo propuesto, que consta de cuatro parámetros denominados Real Positivo (RP), Falso Positivo (FP), Falso Negativo (FN) y Real Negativo (RN), como se muestra en la Tabla 8. Donde las filas representan las instancias reales de las clases que presentan los datos, mientras que las columnas representan el resultado producido por el modelo. A partir de estos datos se encuentra que el modelo obtiene un 100% de precisión y un 100% de sensibilidad para la detección de pacientes sintomáticos.

Tabla 12: Matriz de confusión del modelo difuso propuesto para el diagnóstico de Covid-19 de pacientes sintomáticos y asintomáticos

		Resultado de clasificación	
		Covid-19 (+)	Covid-19 (-)
Instancias reales	Covid-19 (+)	33	3
	Covid-19 (-)	0	14

Como se ha mencionado anteriormente, el modelo permite identificar correctamente todos los casos sintomáticos positivos, clasificándolos en dos clases, lo que permite determinar los que pueden requerir atención urgente. Como se puede observar, al no basarse en la descripción de las características de los pacientes asintomáticos, el modelo no logra identificarlos. Por lo tanto, es necesario estudiar nuevas variables que puedan ser determinantes en la detección de los mismos, lo que todavía es un reto para estos sistemas

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

*“El hombre más poderoso es aquel que es
totalmente dueño de sí mismo”*

Aristóteles.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Desde que el virus Covid-19, conocido como Covid-19 se extendió por todo el mundo, obligó a los gobiernos a tomar medidas muy drásticas de prevención y contención para controlar la pandemia que ha causado millones de infecciones y muertes. Para diagnosticar esta enfermedad se ha desarrollado la prueba de anticuerpos, que determina si el sistema inmunitario tiene o no el virus. Sin embargo, los anticuerpos pueden reaccionar en un periodo de 9 a 28 días, por lo que este proceso se considera muy lento y, por tanto, la persona puede propagar fácilmente la enfermedad si no se aísla adecuadamente. Las pruebas RT-PCR tardan entre 5 y 6 horas en determinar si se tiene o no la enfermedad. A pesar del corto periodo de tiempo que se utiliza esta prueba, se enfrenta a una limitación como es el coste de importación de los productos químicos y otros elementos utilizados.

El aprendizaje automático está desempeñando un papel muy importante en el campo de la medicina, lo que ha permitido el desarrollo de otros métodos que combinan la aplicación de redes neuronales y la tomografía computarizada de tórax para diagnosticar el Covid-19. El tiempo de respuesta de estos sistemas es inferior a cinco (5) segundos. Sin embargo, el factor limitante de estos métodos es que requieren equipos especializados de alta calidad para tomar las muestras y obtener resultados fiables.

El método propuesto permite superar estas limitaciones, ya que no es invasivo, no requiere equipo especializado y sólo se necesitan los síntomas del paciente como insumos. El modelo permite identificar correctamente todos los casos sintomáticos positivos, clasificándolos en dos clases, ayudando a determinar los que pueden requerir atención urgente.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

“Haz sólo lo que amas y serás feliz, y el que hace lo que ama está benditamente condenado al éxito, que llegará cuando deba llegar, porque lo que debe ser, será; y llegará naturalmente”

Facundo Cabral.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se han determinado un total de once (11) variables de estudio correspondiente a los signos y síntomas que presenta un paciente luego de contraer el Covid-19. Estas variables han sido extraídas de acuerdo con la frecuencia que se presenta en las diferentes historias clínicas analizados de las investigaciones más recientes que se han presentado en el 2020.
- Se ha construido el modelo automatizado utilizando la teoría de lógica difusa, especialmente en la implementación de un controlador difuso. Dicho modelo consta de las siguientes partes: interfaz de fusificación, construcción de reglas de conocimiento, motor de inferencia difuso y la interfaz de desdifusificación.

- Para implementar el modelo automatizado, se optó por utilizar la herramienta de XFuzzy 3.5. La razón por utilizar dicha herramienta es porque es software libre y porque puede ser ejecutado en cualquier equipo que disponga de “Java Runtime Environment” (JRE).
- Para analizar los resultados que genera el modelo se ha construido la matriz de confusión, teniendo en cuenta cuatro métricas establecidas, mediante el cual se obtiene un 100% de precisión, 94% de exactitud, 91.6% de sensibilidad y 100% de especificidad.

6.2 RECOMENDACIONES

- En estudios más recientes, se ha evidenciado que las comorbilidades (hipertensión arterial, enfermedad cardiovascular, diabetes mellitus, entre otras), que puede sufrir un paciente, representa un riesgo muy alto en la presentación clínica de un paciente con covid-19. Por lo que se sugiere que en futuros trabajos, se pueda agregar como variables de entrada al presente modelo.
- Para implementar el modelo automatizado se basó en la teoría de la lógica difusa. Sin embargo, presenta una limitante porque la base de conocimiento debe estar validada por un experto. Además, mientras más variables de entrada y salida presenta, más complejo se vuelve la definición de dicha base de conocimiento. Por lo que se sugiere optar por otros métodos de aprendizaje máquina, por ejemplo, redes neuronales o support vector machine (svm).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, S., & et. al. (2014). Diagnosis of Kidney Disease. *The 8th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications (SKIMA 2014)*, 1-8.
- Ahmed, S., Kabir, T., Tanzeem, N., & Rahman, R. (2014). Diagnosis of kidney disease using fuzzy expert system.
- Allahverdi, N., & Akcan, T. (2011). A Fuzzy Expert System Design for Diagnosis of Periodontal Dental Disease. *International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*.
- Al-Muharraqi, M. (2020). Testing recommendation for COVID-19 (Covid-19) in patients planned for surgery - continuing the service and ‘suppressing’ the pandemic. *Elsevier Public Health Emergency Collection*, 503-505.
- Apple. (2020). *Herramienta de la evaluación de COVID-19*. Recuperado el 17 de Abril de 2020, de <https://www.apple.com/covid19>
- Cassaniti, I., & et. al. (2020). Performance of VivaDiag COVID- 19 IgM/IgG Rapid Test is inadequate for diagnosis of COVID- 19 in acute patients referring to emergency room department. *Wiley Public Health Emergency Collection*.
- CDC. (2020). *Centers for Disease Control and Prevention. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019ncov/about/transmission.html>

- Chen, N., & et. al. (2020). Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *The Lancet*, 507-513.
- Chen, N., Zhou, M., Dong, X., Qu, J., Gong, F., Han, Y., . . . Zhang, L. (2020). Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *The Lancet*, 507-513. doi:10.1016/S0140-6736(20)30211-7
- Chih-Cheng , L., & et al. (2020). Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (Covid-19) and coronavirus disease-2019 (COVID-19): The epidemic and the challenges. *International Journal of Antimicrobial Agents*.
- Comunidad de Madrid. (2020). *Has tu autoevaluación del Covid-19*. Recuperado el 15 de Abril de 2020, de <https://coronavirus.comunidad.madrid/>
- Diusenbayeva, A., & et. al. (2016). Using Fuzzy logic concepts in creating the decision making expert system for cardio — vascular diseases (CVD). *International Conference on Application of Information and Communication Technologies AICT*).
- Duisenbayeva, A., Atymtayeva, L., & Beisembetov, I. (2016). Using fuzzy logic concepts in creating the decision making expert system for cardio - vascular diseases (CVD).
- El País. (11 de Marzo de 2020). *La OMS declara el brote de coronavirus pandemia global*. Obtenido de <https://elpais.com/sociedad/2020-03-11/la-oms-declara-elbrote-de-coronavirus-pandemia-global.html>
- Fan, L., & Liu, S. (2020). CT and COVID-19: Chinese experience and recommendations concerning detection, staging and follow-up. *EUR. Radiol*, 5214–5216. doi:10.1007 / s00330-020-06898-3
- Fehr, A., & Perlman, S. (2015). Coronaviruses: An Overview of Their Replication and Pathogenesis. *Springer Nature*.
- García-Infante, J., & et al. (2009). *Sistemas con lógica difusa*. México.
- Gorbalenya, A., Baker, S., Baric, R., de Groot, R., Drosten, C., Gulyaeva, A., . . . Ziebhur, J. (2020). Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: The species and its viruses – a statement of the Coronavirus Study Group. *BioRxiv*.
- Graham, W., De la Cruz, C., Cao, B., Pasnick, S., & Jamil, S. (2020). Novel Wuhan (2019-nCoV) Coronavirus. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*.
- Guan, W., & et. al. (2020). Clinical characteristics of 2019 novel coronavirus infection in China. *MedRxiv*.
- Guan, W., Zheng, N., Hu, Y., Wen, L., Chun, O., Jian, H., . . . et. all. (2020). Clinical characteristics of 2019 novel coronavirus infection in China. *MedRxiv*. doi:<https://doi.org/10.1101/2020.02.06.20020974>
- Hoang, N., & Nguyen, A. (2019). *Modeling a Fuzzy System for Diagnosis of Disease Syndromes of Traditional Vietnamese Medicine Combining Positive and Negative Rules*.
- Huang, C., & et al. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet*, 497-506.
- Huang, C., Zhao, J., Wang, Y., Hu, Y., Li, X., Ren, L., . . . Xiao, Y. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet*. doi:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5)

- Jain, P., & Kaur, A. (2019). A fuzzy expert system for coronary artery disease diagnosis. *ICAICR*. doi:<https://doi.org/10.1145/3339311.3339358>
- Johns Hopkins. (2021). *COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU)*. Recuperado el 20 de Abril de 2021, de <https://www.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6>.
- Kahtan, H., & et. al. (2018). Heart Disease Diagnosis System Using Fuzzy Logic. *International Conference on Software and Computer Applications*, 297-301.
- Kasbe, T., & Singh, R. (2017). Design of Heart Disease Diagnosis System using Fuzzy Logic. *International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing*, 3183-3187.
- Li, Q., Guan, X., Wu, P., Wang, X., Zhou, L., Tong, Y., . . . Xiang, N. (2020). Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus–Infected Pneumonia. *The New England Journal of Medicine*. doi:10.1056/NEJMoa2001316
- Li, R., & et. al. (2020). Identification of a novel coronavirus causing severe pneumonia in human: a descriptive study. *Chinese Medical Journal*.
- Li, R., Ye, W., Zhi, W., Zi, X., Li, G., Xu, T., . . . et. all. (2020). Identification of a novel coronavirus causing severe pneumonia in human: a descriptive study. *Chinese Medical Journal*. doi:10.1097/CM9.0000000000000722
- Li, Y., Yao, L., Li, J., & Chen, L. (2020). Stability issues of RT-PCR testing of Covid-19 for hospitalized patients clinically diagnosed with COVID-19. *J. Med. Virol.* doi:10.1002/jmv.25786
- Liu, J., & et. al. (2020). Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio Predicts Severe Illness Patients with 2019 Novel Coronavirus in the Early Stage . *MedRxiv*.
- Liu, J., Liu, Y., Xiang, P., Pu, L., Xiong, H., Li, C., . . . Wang, X. (2020). Neutrophil-toLymphocyte Ratio Predicts Severe Illness Patients with 2019 Novel Coronavirus in the Early Stage. *MedRxiv*. doi:<https://doi.org/10.1101/2020.02.10.20021584>
- Lu, H., Stratton, C., & Yi-Wei. (2020). Outbreak of pneumonia of unknown etiology in Wuhan, China: The mystery and the miracle. *Journal of Medical Virology*.
- Maghdid, H., & et. al. (2020). A Novel AI-enabled Framework to Diagnose Coronavirus COVID 19 using Smartphone Embedded Sensors: Design Study.
- Ministerio de Sanidad. (02 de Junio de 2020). *Información científica-técnica. Enfermedad por coronavirus, COVID-19*. Obtenido de <https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/>
- Neher, R., Dyrdak, R., Druelle, V., Hodcroft, E., & Albert, J. (2020). Potential impact of seasonal forcing on a Covid-19 pandemic. *Swiss Med Wkly*. doi:10.4414/smw.2020.20224
- OMI. (2020). *Organizador Médico Informático*. Recuperado el 20 de Abril de 2020, de <https://omi.app/covid-19/welcome>
- Ophir, G., & et. al. (2020). Rapid AI Development Cycle for the Coronavirus (COVID19) Pandemic: Initial Results for Automated Detection & Patient Monitoring using Deep Learning CT Image Analysis.
- Ortiz-Prado, E., & et. al. (2020). Clinical, molecular and epidemiological characterization of the SARS-CoV2 virus and the Coronavirus disease 2019 (COVID-19), a comprehensive literature review. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*.

- Panwar, H., & et. al. (2020). Application of deep learning for fast detection of COVID19 in X-Rays using nCOVnet.
- Parra, F. (25 de Enero de 2019). *Estadística y Machin Learning con R*. Obtenido de <https://bookdown.org/content/2274/portada.html>
- Ponce, P. (2010). *Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería*. Mexico: Alfaomega.
- QuestionPro. (s.f). *Diseño de investigación y tipos que existen*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/diseño-de-investigación/>
- Reshmalakshmi, C., & Sasikumar, M. (2016). Fuzzy Inference System for Osteoporosis Detection. *Global Humanitarian Technology Conference*, 675-681.
- Rodriguez, A., & et. al. (2020). Clinical, laboratory and imaging features of COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *Travel Medicine and Infectious Disease*.
- Rodriguez, A., Cardona, J., Gutierrez, E., Villamizar, R., Holguin, Y., Escalera, J. P., . . . et. all. (2020). Clinical, laboratory and imaging features of COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *Travel Medicine and Infectious Disease*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101623>
- Rothan, H., & Byrareddy, S. N. (2020). The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak. *Journal of Autoimmunity*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jaut.2020.102433>
- Shaban, W., Rabie, A., Saleh, A., & Abo-Elvoud, M. (2020). Detecting COVID-19 patients based on fuzzy inference engine and Deep Neural Network. *Elsevier Public Health Emergency Collection*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106906>
- Silva, C., & Ribeiro, B. (2020). *Aprendizagem Computacional em Engenharia*.
- Sohrabi, C., & et al. (2020). World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) . *International Journal of Surgery*, 71-76.
- Sohrabi, C., Alsafi, Z., O'Neil, N., Khan, M., Kerwan, A., Al-Jabir, A., . . . Agha, R. (2020). World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19). *International Journal of Surgery*, 71-76. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2020.02.034>
- Tang, B., & et. al. (2020). Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pneumonia in a Hemodialysis Patient. *Kidney Medicine*.
- Tian, S., & et. al. (2020). Characteristics of COVID-19 infection in Beijing. *Journal of Infection*, 401-406.
- Tian, S., Lou, J., Chen, K., Hu, N., Kang, X., Xiang, Z., . . . et. all. (2020). Characteristics of COVID-19 infection in Beijing. *Journal of Infection*, 401-406. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.02.018>
- Wang, D., & et. al. (2020). Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus–Infected Pneumonia in Wuhan, China. *Jama Network*.
- Wang, D., Hu, B., Hu, C., Zhu, F., Liu, X., Zhang, J., & Wang, B. (2020). Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus–Infected Pneumonia in Wuhan, China. *Jama Network*. doi:[10.1001/jama.2020.1585](https://doi.org/10.1001/jama.2020.1585)
- Wang, W., Tang, J., & Wei, F. (2020). Updated understanding of the outbreak of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) in Wuhan, China. *J. Med. Virol*, 441-447. doi:[10.1002/jmv.25689](https://doi.org/10.1002/jmv.25689)

- Wang, Y., Li, X., Huang, C., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., . . . et. all. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet*. doi:10.1016/s0140-6736(20)30183-5
- Ye, Z., & Zhang, Y. (2020). Chest CT manifestations of new coronavirus disease 2019(COVID-19): a pictorial review. *EUR. Radiol*, 4381–4389. doi:0.1007 / s00330-020-06801-0
- Zheng, C., & et. al. (2020). Deep Learning-based Detection for COVID-19 from Chest CT using Weak Label. *MedRxiv*.
- Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., . . . Zhan, F. (2020). A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *The New England Journal of Medicine*.

ANEXOS

Anexo 01: Construcción empírica de reglas de conocimiento basado en el operado AND.

```

if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;

```


if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;

DIARREA == NO) -

if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Muy_baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;

if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;

if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;

if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;

if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;

if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;

if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;

if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;

if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;

if(MG == NO & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;

if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;

DIARREA == NO) -


```
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
```

DIARREA == NO) -

if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;

DIARREA == NO) -

if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;

DIARREA == NO) -

== SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;

DIARREA == NO) -

if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == NO & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;

== NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;

if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;

DIARREA == NO) -

if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Baja;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;

if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;

DIARREA == NO) -

if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == NO & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;

== NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;

if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;

& DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == NO & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == HOMBRE & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == NO & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;

& DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Mediana;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == ADULTO_JOVEN & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;

if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == NO & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == NO &

DIARREA == NO) -

if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == NO & MIALGIA == SI & DC == SI & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == NO & DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI & DIARREA == NO)

-> DIAGNOSTICO = Alta;

```
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == NO & DC == SI &
DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO &
DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == NO &
DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI &
DIARREA == NO) -> DIAGNOSTICO = Alta;
if(MG == SI & CE == SI & SEXO == MUJER & EDAD == MUY_VIEJO & FIEBRE == SI & TOS == SI & DISNEA == SI & FLEMA == SI & MIALGIA == SI & DC == SI &
DIARREA == SI) -> DIAGNOSTICO = Alta;
```