

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4527

APP fuzzy para descartar un posible covid-19

Edith Meryluz Claros Guerrero

eclaros@unifsc.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-2765-953X>

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Johnny Gregorio Cipriano Bautista

jcipriano@unifsc.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-7239-4665>

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Silvia Isabel Chirito Laurencio

schirito@unifsc.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-7509-7236>

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Jaqueline Jessica Cabello Blanco

jcabello@unifsc.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-7464-0305>

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Huacho – Perú

Asesoramiento de:

Cynthia Gyssella Arteaga Villanueva

Cynthyagy@hotmail.com

Correspondencia: ciro. eclaros@unifsc.edu.pe

Artículo recibido 26 diciembre 2022 Aceptado para publicación: 26 enero 2023

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Claros Guerrero, E. M., Cipriano Bautista, J. G., Chirito Laurencio, S. I., Cabello Blanco, J. J., & Arteaga Villanueva, C. G. (2023). APP fuzzy para descartar un posible covid-19. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 1837-1856. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4527

RESUMEN

El estudio se enfoca en la necesidad de identificar un posible caso sospechoso de COVID-19 en los estudiantes de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, siendo el objetivo diseñar una APP fuzzy para el descarte de casos sospechosos de COVID-19. La aplicación Web, se diseñó mediante reglas de inferencia difusa If -Then tipo Mamdani, con funciones de pertenencia trapezoidales, haciendo uso de la aplicación Fuzzy Logic Designer, se desarrolló la aplicación Web con lenguaje de programación Python usando el framework Django cuyos resultados son de Riesgo bajo de COVID -19, riesgo Medio, Riesgo Alto, y Riesgo Muy Alto. Los datos se registran en la base de Datos SQLite. Se contó con la participación voluntaria mediante enlace web de 445 estudiantes, quienes valoran y califican su sintomatología asociada a un caso Sospechoso de COVID -19, según la OMS. Se obtiene que el 11,2% tienen riesgo alto de Sospecha de COVID-19, cuya sintomatología más frecuente es de dolor de garganta y tos (97%), dolor de cabeza y malestar general (92%) y fiebre (87%). Se concluye que la aplicación Web, si permite identificar posibles casos de estudiantes con síntomas similares a un caso sospechoso, de COVID -19.

Palabras clave: *aplicación web; caso sospechoso; covid-19*

APP fuzzy to rule out a possible covid-19

ABSTRACT

The study focuses on the need to identify a possible suspected case of COVID-19 in students of the Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, with the objective of designing a fuzzy APP to rule out suspected cases of COVID-19. The Web application was designed using Mamdani-type If-Then fuzzy inference rules, with trapezoidal membership functions, using the Fuzzy Logic Designer application. The Web application was developed with Python programming language using the Django framework, the results of which are low risk of COVID-19, medium risk, high risk and very high risk. The data are recorded in the SQLite database. We had the voluntary participation of 445 students through a web link, who evaluate and qualify their symptoms associated with a Suspected case of COVID -19, according to the WHO. It is obtained that 11.2% have a high risk of Suspected COVID-19, whose most frequent symptomatology is sore throat and cough (97%), headache and general malaise (92%) and fever (87%). It is concluded that the Web application does allow the identification of possible cases of students with symptoms similar to a suspected case of COVID-19.

Keywords: *web application; suspect case; covid-19*

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) tuvo noticia por primera vez de la existencia de este nuevo virus, el 31 de diciembre de 2019, al ser informada de un grupo de casos de «neumonía vírica» que se habían declarado en Wuhan (República Popular China) (OMS, 2020), generándose contracción económica debido a la pandemia (Watkins, 2019); el Perú fue uno de los países más afectados por la pandemia, ya que las muertes por COVID – 19 a inicios del año 2022, ascendió a 211 751 miles de personas.

En la actualidad, se vienen implementando recomendaciones y actividades con la intención de frenar el contagio del virus, una medida de prevención, es la vacunación, ya que reduce drásticamente el riesgo de enfermedad grave para todos los grupos de edad (Tesini, 2022) y además de esta, entre las precauciones para el control de la infección, la OMS, resalta la eficacia de las actividades de notificación de síntomas, vigilancia, pruebas rápidas y rastreo de posibles casos (OMS., 2020a); y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) recomendó que para no propagar la infección, se debe evitar el contacto estrecho con cualquier persona que presente signos de afección respiratoria, como tos o estornudos (OPS.). Por otro lado, la tecnología de salud digital, puede facilitar la estrategia y la respuesta ante una pandemia, lo que no se podría lograr manualmente; a través de la inteligencia artificial (IA), big data y aplicaciones digitales (apps) u otras opciones tecnológicas diseñadas para identificar posibles casos positivos de COVID -19. Este tipo de tecnología implica el uso de Internet y teléfonos móviles (Whitelaw et al., 2020), entre ellos tenemos la m-Health (salud móvil) ampliamente extendida, y en una situación de emergencia sanitaria se postula como una herramienta útil que permite el autodiagnóstico, así como el seguimiento de pacientes con sospecha de COVID-19 (Guisado-Clavero et al., 2021); ya que mejora los tiempos y los costos que implican el diagnóstico de pacientes con enfermedades que requieran un control periódico, y permite conectar al médico y al paciente, sin importar su ubicación geográfica; ya que el uso de apps móviles empodera y convierte al paciente en un sujeto más activo al permitirle un manejo más independiente del cuidado de su salud (Mantilla et al., 2014), y han facilitado la comunicación del paciente con los profesionales de salud, permitiéndole realizar las consultas referente al tratamiento, diagnóstico, medicación, sin necesidad de acudir al hospital (NTTDATA., 2021), y que recurrir a estos aplicativos de fácil y rápido acceso a la información desarrollado mediante prácticos algoritmos

permite racionalizar y disminuir costos de atención en salud, diagnosticar y tratar la enfermedad de manera oportuna, a la vez de mejorar el acceso a los servicios de salud (J. Espitia Olarte, 2021), puesto que, pone a disposición un conjunto de herramientas y mecanismos que permiten monitorear, registrar y procesar con precisión la información que se intercambia entre médicos y pacientes, constituyendo una potente herramienta, para el tratamiento de la información, almacenamiento y procesamiento, haciendo posible su uso integrado en los sistemas de ayuda a la decisión aplicados a la sanidad. (Comesaña-Campos et al., 2020).

La lógica borrosa o difusa, se considera una disciplina dentro de la Inteligencia Artificial, y representa el conocimiento acerca de un dominio y de realizar procesos de inferencia o razonamiento, proporcionando un lenguaje formal de representación del conocimiento basado en la lógica y las matemáticas (Bethencourt, 2022), cuyos algoritmos permite modelar situaciones que implique, incertidumbre entre lo verdadero o falso de sus proposiciones; y representa el grado de pertenencia por medio de un valor en un intervalo cerrado de cero a uno (Zadeh, L., 1965), el grado de pertenencia no tiene un significado absoluto, resulta de comparar con otros grados de pertenencia en el mismo conjunto difuso (Yen et al., 1998) y permite representar la incertidumbre originada por la vaguedad o imprecisión de las palabras, por medio de funciones de pertenencia a los de la salud con la COVID-19. y al momento de desarrollar el algoritmo, esta metodología registra información con anterioridad, los cuales son restringidos por límites que permite binarizar las variables, de esta manera se logra obtener dos resultados que son 1 y 0, estos valores son tomados como entradas y posteriormente analizados para obtener un porcentaje de contagio en la salida del sistema (Romero Garnica & Segura Caballero, 2021).

Con el retorno a la presencialidad en el sistema universitario, en el Perú, con la finalidad de llevar a cabo la vigilancia nacional de la COVID-19 (OMS., 2020b); se emitieron normativas, entre ellos la Resolución Viceministerial N° 015-2022-MINEDU, que autorizó el retorno gradual a la presencialidad en la Universidad y que en su artículo 3, indicó que “Las universidades públicas y privadas (...) podrán retornar a la modalidad presencial y/o semipresencial, de forma flexible y gradual, mediante la implementación excepcional de modelos híbridos de enseñanza, en estricto cumplimiento con las medidas de prevención y control del COVID-19, (MINEDU., 2022 08 de febrero), para tal efecto, considerando la

investigación de Ramos (2021), quien menciona que mediante un sistema experto basado en lógica difusa, permite la detección de un estudiante con síntomas similares, y los aplicativos, son una alternativa confiable que viene siendo utilizado en el área médica (J. D. Espitia Olarte, 2021), mediante la identificación de la sintomatología, y siendo la tecnología una herramienta útil que permite el seguimiento de pacientes con sospecha de COVID -19 (Guisado-Clavero et al., 2021), nos planteamos como hipótesis de investigación, que el uso de la APP fuzzy para el descarte de COVID 19, permite identificar posibles casos Sospechosos de COVID-19, en los estudiantes de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, por lo que el objetivo fue diseñar una APP fuzzy para el descarte de casos sospechosos de COVID-19, cuya aplicación Web, fue diseñada a través de una correlación de reglas de inferencias difusas If – Then, tipo Mamdani, con el asesoramiento de un profesional médico, y la literatura especializada, y remitida al estudiante mediante un enlace Web, de tal manera se permita identificar a un estudiante cuya sintomatología hace presumir de un posible caso sospechoso de COVID-19, para derivarlo a profesional de la salud, para su diagnóstico y posterior control de la enfermedad, lo que minimiza los potenciales casos de contagio en los estudiantes de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la aplicación Fuzzy, la metodología de trabajo consistió en las fases que se describen a continuación:

Fase 1 – Recolección de información bibliográfica y documental, se revisó información disponible de la OMS, que categoriza los síntomas de los pacientes según la gravedad que presente en Habituales, Menos Frecuentes, Cuadro Grave y otros síntomas menos frecuentes (Ver Tabla 1)

Tabla 1. *Sintomatología de un paciente con COVID -19*

Habituales	Menos frecuentes	Cuadro grave	Otros Menos frecuentes
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fiebre; ▪ Tos seca ▪ Cansancio 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pérdida del gusto o el olfato ▪ Congestión nasal ▪ Conjuntivitis (enrojecimiento ocular) ▪ Dolor de garganta ▪ Dolor de cabeza ▪ Dolores musculares o articulares ▪ Diferentes tipos de erupciones cutáneas ▪ Náuseas o vómitos ▪ Diarrea ▪ Escalofríos o vértigo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disnea (dificultad respiratoria) ▪ Pérdida de apetito ▪ Confusión ▪ Dolor u opresión persistente en el pecho ▪ Temperatura alta (por encima de los 38° C) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Irritabilidad ▪ Merma de la conciencia (a veces asociada a convulsiones) ▪ Ansiedad ▪ Depresión ▪ Trastornos del sueño ▪ Complicaciones neurológicas más graves y raras, como accidentes cerebrovasculares, inflamación del cerebro, estado delirante y lesiones neurales.

Nota: Esta Tabla es una adaptación de la “Información básica sobre la COVID-19” (OMS, 2020) disponible en: <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19>

La OMS, clasifica los casos detectados de COVID – 19, en Caso sospechoso, caso probable o caso confirmado de COVID-19, en los pacientes que cumplen con ciertas características y tienen diversas sintomatologías; esta investigación se centra en identificar una persona inmersa en Caso Sospechoso de COVID -19, caracterizado por el criterio clínico que contiene Fiebre y tos ó aparición súbita de tres o más signos o síntomas. (OMS., 2020b)

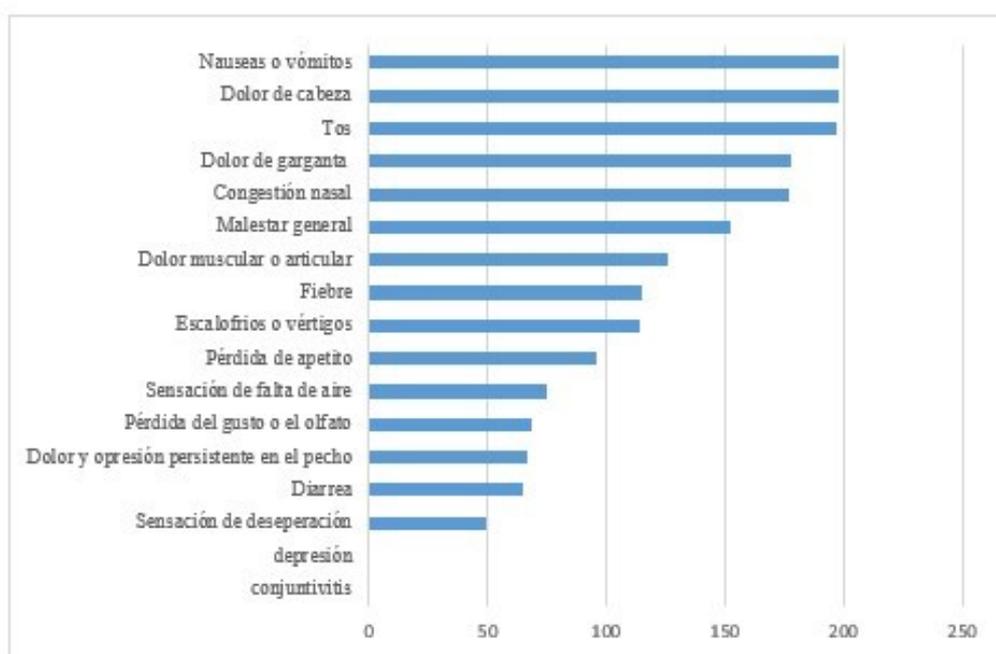
Fase 2 – Diagnóstico Situacional e identificación de sintomatología de un caso sospechoso de COVID – 19:

Se aplicó un cuestionario previo, mediante Google forms, a los estudiantes universitarios que formaron parte de la etapa de diagnóstico, quienes identificaron los síntomas relacionados al COVID-19, durante la duración de la Pandemia hasta la fecha de la investigación. Participaron en ésta etapa, voluntariamente 343 estudiantes de las escuelas profesionales de Estadística e Informática (17.5%), Ingeniería Zootécnica (17,8%), Biología con mención en Biotecnología (12,2%), Ingeniería Agronómica (15,2%), Ingeniería Química(13,3%), Ingeniería Electrónica (9.3%), Enfermería (14%), de los cuales el 60.9% de los estudiantes no se aplicaron la prueba de COVID-19, frente a un 39,1%, que, si se aplicaron una prueba de COVID-19, de los cuales el 78.4% tuvieron resultados

negativos y el 21.6% casos positivos. Se observó además que, del total de participantes, el 99,75 % manifiestan estar vacunados contra la COVID – 19.

Ante la consulta de cuáles son los síntomas relacionados a COVID -19, que tuvieron durante la pandemia. En la Figura 1, se observa que los síntomas más comunes que padecieron los estudiantes involucrados en el estudio, fueron dolor de cabeza y nauseas o vómitos (58%), tos (57%), Dolor de garganta y congestión nasal (52%), malestar general (44%), dolores musculares y articulares (37%), fiebre (33%) y los síntomas mencionados en la Tabla 1, menos del 28%; en relación a la conjuntivitis y depresión no han sido considerados síntomas de COVID 19, por los estudiantes participantes.

Figura 1. *Sintomatología asociada a COVID – 19 durante la pandemia*

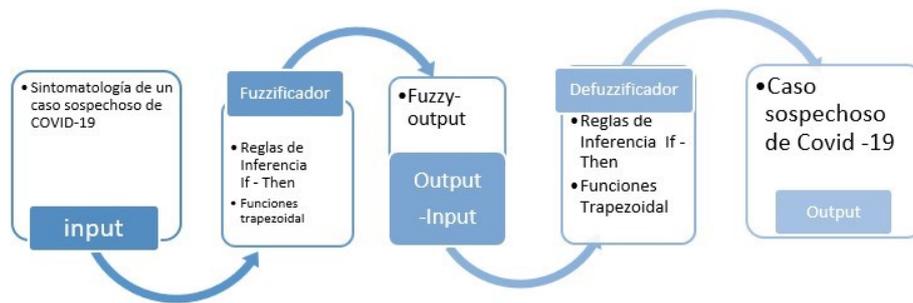


Nota. Esta figura muestra los síntomas, mas frecuentes que los estudiantes consideran que tuvieron durante la pandemia.

Fase 3 – Análisis y diseño del desarrollo del sistema difuso: teniendo en cuenta que el modelo de inferencia difuso, contiene cuatro componentes: El fuzzificador, que transforma entradas reales en valores difusos; la base de reglas, define la conexión entre las entradas y salidas del sistema. Una regla difusa: Si (precedente), entonces (consecuente); donde el precedente (Variables de entrada-sintomatología), como el consecuente (Variable de salida-intensidad o presencia del síntoma) está compuesto por conjuntos fuzzy, las que están conectados por operadores difusos. El sistema de inferencia, que evalúa todas las reglas, comprueba las que han sido activadas (con grado

de relevancia mayor que cero) y combina los pesos resultantes de todas las reglas habilitadas en una sola salida (en este estudio, utilizamos el sistema de inferencia de Mamdani); y el defuzzificador que realiza el proceso inverso del fuzzificador (transforma la salida difusa en un valor real (crisp)) (Janghorbani & Hassan, 2017), en ésta investigación se realiza dos procesos. Se planteó el esquema que se muestra en la Figura 2. Referente al modelo del desarrollo de la Aplicación Informática mediante inferencia difusa, para descartar de un caso sospechoso de COVID -19.

Figura 2. Esquema de desarrollo de la Aplicación App Fuzzy para descartar de COVID -19



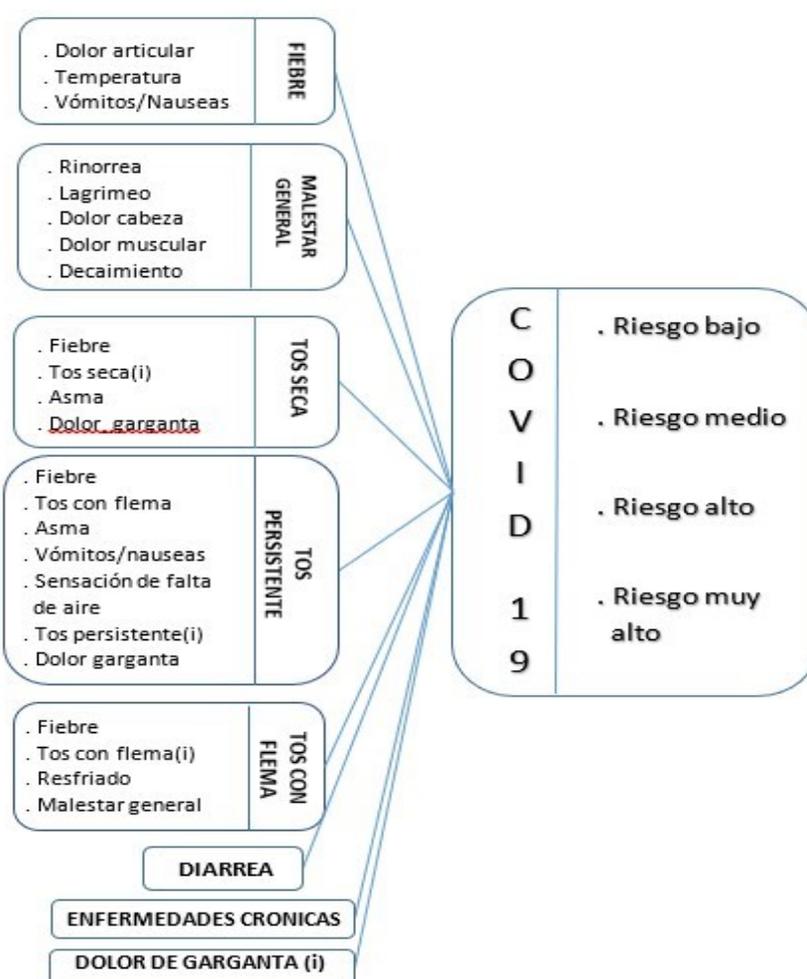
Fase 4 – Diseño de sistema difuso: En esta fase se procedió a clasificar la sintomatología de un caso sospechoso de COVID-19, identificándose las variables de entrada (sintomatología), y sus universos de discurso de cada uno (Tabla 1). A continuación, se procedió a construir los subsistemas de inferencia difuso a partir de la información proporcionada en la Fase 1, la sintomatología, y los resultados obtenidos en la fase de diagnóstico, referente a los síntomas más comunes, y la correlación de los síntomas con la ayuda de los profesionales de la salud (Huacuz, 2020; Noris-García & de los Ángeles Robinson-Agramonte, 2021; Oliva Marín, 2021; OMS, 2020). Ver Figura 3.

En esta investigación no se ha considerado la duración de los síntomas, ya que el objetivo es solo identificar al estudiante, para derivarlo al profesional de la salud para su revisión, así como menciona Struyf et al. (2022), se necesita más investigación para conocer las combinaciones de síntomas y signos con otra información, como el contacto reciente o el historial de viajes, o el estado de vacunación.

Se ha trabajado con funciones trapezoidales para cada variable lingüística, para la primera etapa y segunda etapa, con reglas de inferencia IF – THEN, tipo Mamdani , con defussificador Centroide, y mediante el software Matlab R2022a, a través de la aplicación Fuzzy Logic Designer, se crearon los subsistemas fuzzy, cada uno con sus respectivas base de reglas de inferencia: Fiebre con 9 reglas de inferencia, Malestar general (17), Tos seca (19), Tos persistente (29), tos con Flema (10), mientras que el sistema COVID (54);

además se desarrolló una aplicación web con el lenguaje de programación Python, usando el framework Django, diseñándose un formulario que consta de dos partes, la primera es información personal del estudiante, nombres, edad, sexo, Escuela profesional a la que pertenece, el ciclo académico que está cursando, y en la segunda, se encuentra la sintomatología, distribuida en 15 ítems, con preguntas cerradas y binarias, en base a las recomendaciones de los especialistas de la salud, se plantearon las correlaciones según lo establecido en la Figura 3.

Figura 3 Esquema de Correlación de síntomas asociados a la COVID -19 de la Aplicación APP Fuzzy



Nota. El esquema presenta la sintomatología de cada subsistema Fuzzy

(i) Intensidad del síntoma

Respecto a las preguntas que están relacionadas con dolor, si el estudiante responde si, automáticamente la aplicación te solicita ingrese la intensidad del dolor, en un rango de 0 a 10, siendo 0 el dolor mínimo y 10 dolor intenso (ítems 4, 5, 7 y 11), de manera similar,

se le solicita al estudiante valore el decaimiento corporal que siente y califique de 0 a 10 (ítem 6), por otro lado, si el estudiante, responde que, si tiene tos (ítem 10), se le solicita que elija entre tos seca o tos con flema, según sus síntomas, a la vez que califique la intensidad de la tos persistente (ítem 10.1) y en el ítem 11, se evalúa la intensidad de la sensación de falta de aire que siente el estudiante. El enlace de la APP Fuzzy, se le proporcionó a los estudiantes, para su autoevaluación de sus síntomas y la captura de la aplicación Web se muestra en la Figura 4.

Figura 4. APP Fuzzy para Descarte de COVID -19

APP PARA DESCARTE DE COVID-19

Información personal

Nombres

Edad

Sexo Masculino Femenino

Escuela profesional

Ciclo

Síntomatología

1) ¿En estos últimos quince días, ¿has estado resfriado? Si No

2) ¿Tienes mocos? Si No

3) ¿Te lagrimea el ojo? Momentáneo Constante

4) ¿Presentaste dolor de Cabeza? Si No

5) ¿Te duelen los músculos?
Por ejemplo, te duelen los brazos, piernas o espalda. Si No

6) ¿Te sientes decaído? Si No

7) ¿Ha tenido dolor en los codos, dedos o rodillas? Si No

8) ¿Cómo ha estado tu temperatura corporal? Normal Alta

9) ¿Has tenido náuseas o vómitos? Si No

10) ¿Has tenido Tos? Si No

11) ¿Has tenido dolor y ardor de garganta? Si No

12) ¿Sufres de Asma? Si No

13) ¿Sientes sensación de falta de aire o te ahogas? Si No

14) ¿Sufres alguna enfermedad crónica: Hipertensión o presión alta, diabetes, colesterol alto, artritis, obesidad y otros? Si No

15) ¿Ha presentado diarrea? Si No

Nota. Esta imagen es la captura de pantalla de la Aplicación Web

Luego que el estudiante registre los síntomas, el APP Fuzzy, procesa la información y emite el resultado de Riesgo bajo de COVID-19, Riesgo medio, Riesgo alto o Riesgo muy alto (sospechoso de COVID-19), con las indicaciones que se muestran en la Tabla 3 .

Tabla 3. Resultados de la Aplicación APP Fuzzy para Descarte de COVID -19

Resultados del APP Fuzzy	Pantalla de Salida de la App Fuzzy
<p>Riesgo bajo de COVID-19 Seguir manteniendo las medidas preventivas en el hogar y en la Universidad.</p>	 <p>Estudiante 2, tu resultado es: Riesgo bajo de COVID-19 Seguir manteniendo las medidas preventivas en el hogar y en la Universidad. Registrar otra respuesta</p>
<p>Riesgo medio de COVID -19 Si los síntomas incrementan o empeoran, acuda a un Centro Médico para ser evaluado por Médico</p>	
<p>Riesgo Alto de COVID -19 Asista al Centro Médico de la Universidad a la brevedad, para atención médica. Para descartar Sospecha de COVID -19</p>	
<p>Riesgo Muy Alto de COVID-19 Asista al Centro Médico de la Universidad, para atención medica inmediata, Lo más probable es que tengas COVID -19</p>	

Cabe mencionar, que para construir el proceso lógico del sistema (reglas de inferencia) en la correlación de los síntomas, no se ha considerado la duración de los mismos, la aplicación evalúa el momento actual, según lo que el estudiante registra en el formulario, mediante el enlace Web, por lo que se requiere, la participación de un especialista médico para dar el diagnóstico final, siendo el propósito de la investigación solamente identificar a los posibles casos sospechosos de COVID -19, entre los estudiantes de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Para guardar la información de las respuestas del formulario se usó la base de datos SQLite, y el proceso estadístico se realizó en el Microsoft Excel a modo de prueba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 4, se presenta la relación de los subsistemas de inferencia difusa construidas para el proceso lógico de nuestra aplicación Web, con la sintomatología, la categorización mediante variables lingüística, el universo de discurso de cada función de pertenencia trapezoidal, y la variable de salida (Output).

Los resultados obtenidos de los subsistemas Fuzzy, ingresan al sistema COVID, en el cual se han planteado reglas de inferencia IF -THEN, de la forma siguiente:

If (malestar_general is Leve) and (fiebre is normal) and (dolor garganta is Leve) and (cronicas is No) then (resultados is Baja) (1)

Según la correlación de la sintomatología, en base a bibliografía especializada (Huacuz, 2020; Noris-García & de los Ángeles Robinson-Agramonte, 2021; Oliva Marín, 2021; OMS, 2020).

Tabla 4

Subsistemas de inferencia difuso según sintomatología de COVID -19 -etapa 1.

Subsistemas/ Variables de entrada	Variable Lingüística	Universo de discurso	Variable de salida
Fiebre	Dolor Articular	Leve /Moderado/Intenso	No/Si
	Temperatura	Normal/Alta	<37.5; >37.5
	Vómitos o nauseas	Si/No	0,1
Malestar General	Rinorrea	Si/No	0,1
	Lagrimeo	Momentáneo /Constante	0,1
	Dolor de cabeza	Leve /Moderado/Intenso	[0, 10]
	Dolor muscular	Leve /Moderado/Intenso	[0, 10]
	Decaimiento	No se levanta/Pesadez/No come	[0, 10]
Tos Seca	Temperatura	Normal /alta	0,1
	Intensidad de la tos	Leve/Moderado/Severo	[0, 10]
	Asma	Si/No	0,1
	Dolor de garganta	Leve/Moderado/Intenso	[0, 10]
	Malestar general	Leve/Moderado/Intenso	[0, 10]
Tos Persistente	Fiebre	Si/No	0,1
	Asma	Si/ No	0,1
	Intensidad de la tos con flema	Leve/Moderado/Severo	[0, 10]

	Vómitos o nauseas	Si /No	0,1	[0, 10]
	Sensación de falta de aire	Leve/moderado /Intenso	[0, 10]	
	Intensidad de la tos persistente	Leve/moderado/severo	[0, 10]	
	Dolor de garganta	Leve/Moderado/Intenso	[0, 10]	
	Malestar general	Leve/Moderado/Intenso	[0, 10]	
Tos con flema	Intensidad de la tos con flema	Leve/Moderado/Severo	[0, 10]	Leve /Moderado/Severo
	Resfriado	Si/No	0,1	[0, 10]
	Malestar general	Leve/Moderado/Intenso	[0, 10]	
Diarrea	Bajo /medio/Alto		0,1,>3	
Enfermedades crónicas	Si/No		0, 1	
Dolor de garganta	Leve/Moderado/Intenso		[0 ,10]	

En la evaluación de la funcionalidad del APP Fuzzy, participaron 445 estudiantes, cuyas respuestas se registraron en la base de datos de SQLite, de los cuales en una primera prueba se les solicitó a 144 participantes, obteniéndose que al aplicar el APP se logró una eficiencia en los resultados del 75%, lo que fue incrementado en una segunda etapa al 97%, luego de modificar, eliminar y/o adicionar reglas difusas, sin embargo, teniendo en cuenta que la información que se ingresa en la aplicación Web, depende de la valoración de cada estudiante, respecto a los síntomas que siente, se descartaron los registros que tienen incongruencias y/o falta de información relevante para la lógica del sistema Fuzzy, quedándose con un total de 347 registros, cuyos resultados se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Resultados de la Aplicación Web APP Fuzzy para Descarte de COVID -19

Riesgo de sospecha de COVID -19	Estudiantes participantes en el estudio		Total
	Masculino	Femenino	

Riesgo Bajo	110	117	227	65.4%
Riesgo Medio	24	25	49	14.1%
Riesgo Alto	13	19	32	9.2%
Riesgo Muy Alto	10	29	39	11.2%

Nota. Esta tabla muestra los resultados de la Aplicación Web, por riesgo de sospecha de COVID -19 y género

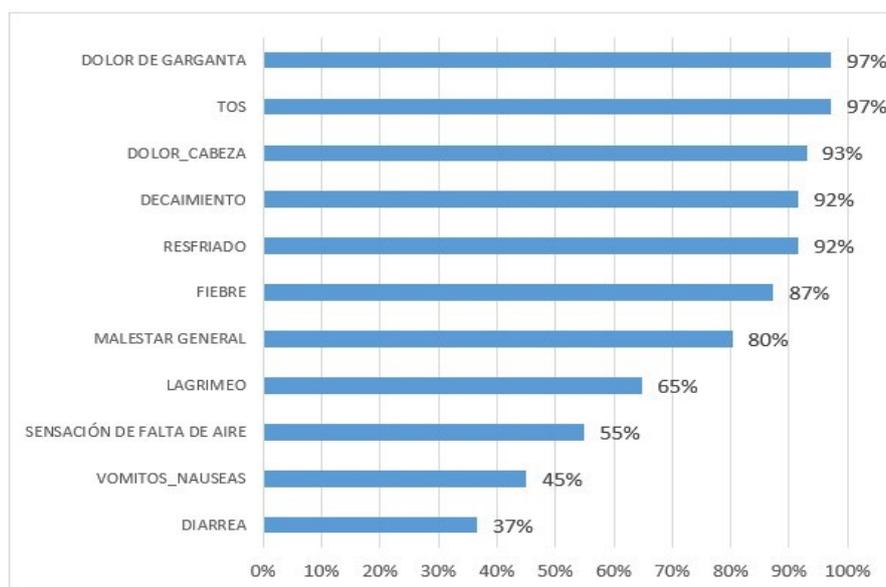
Según se observa, en esta tabla, el 65,4% de los estudiantes no tienen riesgo de estar contagiado de COVID -19, ante un 14,1%, que tienen síntomas similares a la COVID-19, que se produce a causa del SARS-CoV-2, que, según los especialistas, generalmente comienzan de 2 a 14 días después de la exposición al SARS-CoV-2, sin embargo, los síntomas de un resfriado común suelen aparecer de 1 a 3 días después de la exposición a un virus que causa resfriado. (Clinic, 2022), haciendo mención que la aplicación sólo evalúa los síntomas en el momento, y no se ha considerado la duración del síntoma, en este estudio, por ese motivo los que, se encuentran con un riesgo alto de sospecha de COVID -19 (9,2%) se le sugiere que visite a un profesional médico, para su evaluación (Ver Tabla 3).

Para un caso sospechoso con riesgo alto, se le derivó al profesional de salud y con la aplicación de la Prueba antigénica, resultó ser un caso positivo de COVID-19, sin embargo, no se puede calificar a los estudiantes inmersos en este grupo, como Caso Sospechoso de COVID-19. Según se observa, en la Tabla 5, el 11,2% de los estudiantes, tuvieron síntomas relacionados a Sospecha de COVID – 19 (Riesgo muy Alto), lo que contrasta con la información de la Sala Situacional de COVID para la Región Lima, del Ministerio de Salud del Perú (MINSA), que el porcentaje de positividad (indicador en porcentaje (%)) que mide el número de Casos Positivos Confirmados entre el Total de pruebas realizadas por COVID-19, en los últimos 7 días (MINSA, 2023)), es de 12.1% para la primera semana de Diciembre del 2022 (Centro Nacional de Epidemiología, 2023), región en la cual se encuentra ubicada la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, lugar del estudio, también se observa que el mayor porcentaje de estudiantes con sospecha de COVID-19, son mujeres.

Del total de estudiantes que tienen Riesgo Muy Alto de Sospecha de COVID -19, como se observa en la Figura 5, el dolor de garganta es el más frecuente y que padecieron el 97% de los estudiantes con riesgo alto y muy alto de sospecha de COVID -19, y el 87% de los

estudiantes manifestaron tener Fiebre, que se encuentra en el rango establecido por la OPS, para el Perú, donde fiebre está entre 83% a 98%. Respecto a la tos, en ésta investigación se obtuvo que el 97% de los estudiantes tuvieron ese síntoma, frente a un 68% de la OPS, y en relación a la sensación de falta de aire, en éste estudio lo padecieron el 55%, frente al rango establecido por la OPS (19%-35%).(OPS), también se observa en el análisis de la información obtenida de la Aplicación Web, que los síntomas más comunes son dolor de garganta, tos, coincidiendo con Vera-Ponce et al. (2021) quienes encontraron que los síntomas más comunes fueron tos y odinofagia (dolor al tragar los alimentos) con 49,5% y 44,0% respectivamente, seguido de decaimiento corporal, resfriado, fiebre y malestar general (dolor muscular, dolor de cabeza, rinorrea, lagrimeo), en más del 80% de los estudiantes con riesgo alto y muy alto, coincidiendo estudios que menciona que las personas afectados de COVID – 19, tienen Tos seca, fiebre (mayor de 38 °C.), dolor de cabeza, congestión y escurrimiento nasal, dolor o ardor de garganta, diarrea, , dolores en músculos o articulaciones y pérdida del sentido del gusto y olfato(Huacuz, 2020; OMS, 2020; OPS; Struyf et al., 2022).

Figura 5. Síntomas más comunes resultados de la Aplicación Web APP Fuzzy



Cabe mencionar, que el APP Fuzzy depende de la valoración de los síntomas por los propios estudiantes, y no se han comprobado con una prueba de COVID-19, para verificar, los resultados del estudio, sin embargo, el porcentaje de casos con riesgo muy alto de sospecha de COVID -19, resultados de la aplicación Web, se acerca a las estadísticas regionales proporcionados por las entidades especializadas del País. Además,

es necesario aclarar, que el APP Fuzzy para Descarte de COVID -19, aun está a modo prueba, cuyos resultados, será verificada con la Prueba de COVID-19 y el diagnóstico especializado del profesional de salud de la Institución, puesto que la investigación cuenta con el auspicio de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

CONCLUSIONES

La versión a prueba de la aplicación Web APP Fuzzy para descartar un posible COVID -19, si permite identificar posibles casos de estudiantes con síntomas similares a un caso sospechoso de COVID -19, y se postula como una herramienta útil, para el seguimiento y control del contagio por COVID-19 en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

LISTA DE REFERENCIAS

- Bethencourt, J. A. B. (2022). Ejemplo del uso de la lógica difusa en R para el aprendizaje de estudiantes de medicina.
- Centro Nacional de Epidemiología, P. y. C. d. E. (2023). *Situación del COVID -19 en el Perú*. <https://www.dge.gob.pe/portalnuevo/covid-19/covid-cajas/situacion-del-covid-19-en-el-peru/>
- Clinic, M. (2022, Diciembre 17 2022). *COVID-19, resfriados, alergias y la gripe: ¿cuáles son las diferencias?*
- Comesaña-Campos, A., Casal-Guisande, M., Cerqueiro-Pequeño, J., & Bouza-Rodriguez, J.-B. (2020). A Methodology Based on Expert Systems for the Early Detection and Prevention of Hypoxemic Clinical Cases. *Environmental Research and Public Health*, 17(22), 8644.
- Espitia Olarte, J. (2021). *Desarrollo de una aplicación móvil para el diagnóstico y tratamiento de la infección por H. pylori para profesionales de la salud*.
- Espitia Olarte, J. D. (2021). Desarrollo de una aplicación móvil para el diagnóstico y tratamiento de la infección por H. pylori para profesionales de la salud.
- Guisado-Clavero, M., Ares-Blanco, S., & Abdellah, L. D. B. (2021). Uso de aplicaciones móviles y páginas web para el diagnóstico de la COVID-19 en España. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 39(9), 454-457.
- Huacuz, B. D. (2020). *ABC de la COVID-19 Prevención, Vigilancia y Atención de la Salud en las Comunidades Indígenas y Afromexicanas* (INPI, Ed. Primera Edición ed.).

- Janghorbani, A., & Hassan, M. (2017). Fuzzy Evidential Network and Its Application as Medical Prognosis and Diagnosis Models. *Journal of Biomedical Informatics*, 72, 96-107.
- Mantilla, M. C. G., Ariza, L. L. C., & Delgado, B. M. (2014). Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 18(40), 20-35.
- MINEDU. (2022 08 de febrero). *Normas Legales*. Diario Oficial EL PERUANO Retrieved from <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/aprueban-el-documento-normativo-denominado-orientaciones-pa-resolucion-vice-ministerial-n-015-2022-minedu-2037618-1>
- MINSA. (2023). *Sala Situacional COVID-19 Perú*. https://covid19.minsa.gob.pe/sala_situacional.asp
- Noris-García, E., & de los Ángeles Robinson-Agramonte, M. (2021). Psiconeuroinmunoendocrinología y COVID-19. *Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta*, 46(1), 2523.
- NTTDATA. (2021). La revolución del mHealth: de las apps a la gestión del dato de salud. *ESALUD BLOG*. <https://www.ehcos.com/la-revolucion-del-mhealth-en-salud/>
- Oliva Marín, J. E. (2021). Sintomatología no respiratoria de COVID-19. *Alerta, Revista científica del Instituto Nacional de Salud*, 4(2), 61-68. <https://doi.org/10.5377/alerta.v4i2.9923>
- OMS, O. M. d. I. S. (2020). *Información básica sobre la COVID-19*. <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19>
- OMS., O. M. d. I. S. (2020a). *Preguntas y respuestas sobre las escuelas y la COVID-19*.
- OMS., O. M. d. I. S. (2020b). *Vigilancia de salud pública en relación con la COVID-19: orientaciones provisionales, 7 de agosto de 2020* CC BY-NC-SA 3.0 IGO). <https://apps.who.int/iris/handle/10665/334000>
- OPS, O. P. d. I. S. *Respuesta a la emergencia por COVID-19 en Perú*. Organización Panamérica de la Salud Retrieved 12 enero 2023 from <https://www.paho.org/es/respuesta-emergencia-por-covid-19-peru>
- OPS., O. P. d. I. S. *Coronavirus*. Retrieved 15 noviembre 2022 from <https://www.paho.org/es/temas/coronavirus>

- Ramos, E. R. (2021). *Modelo detección de SARS COV 2 (COVID-19) mediante un sistema experto basado en lógica difusa para dispositivos móviles*
- Romero Garnica, J. C., & Segura Caballero, D. O. (2021). Desarrollo de un sistema para monitoreo de Covid-19 en etapas tempranas.
- Struyf, T., Deeks, J. J., Dinnes, J., Takwoingi, Y., Davenport, C., Leeftang, M. M. G., Spijker, R., Hooft, L., Emperador, D., Domen, J., & et al. (2022). Signs and symptoms to determine if a patient presenting in primary care or hospital outpatient settings has COVID-19. *Cochrane Database of Systematic Reviews*(5). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013665.pub3>
- Tesini, B. L. (2022). *Manual MSD Versión para profesionales*. https://www.msmanuals.com/es/professional/enfermedades-infecciosas/covid-19/covid-19#v58251947_es
- Vera-Ponce, V. J., Mendez-Aguilar, P., Ichiro-Peralta, C., Failoc-Rojas, V. E., & Valladares-Garrido, M. J. (2021). Factores asociados a seropositividad para SARS-CoV-2 en pacientes atendidos en un hospital de zona altoandina peruana. *Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 14, 8-12. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-47312021000300001&nrm=iso
- Watkins, G. (2019). *5 lecciones que nos deja el camino hacia una recuperación sostenible post Covid-19*. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/5-lecciones-que-nos-deja-el-camino-a-la-recuperacion-sostenible-del-covid-19/>
- Whitelaw, S., Mamas, M. A., Topol, E., & Van Spall, H. G. C. (2020). Applications of digital technology in COVID-19 pandemic planning and response. *The Lancet Digital Health*, 2(8), e435-e440. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(20\)30142-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30142-4)
- Yen, J., Liang, W., & Gillespie, C. W. (1998). Improving the interpretability of TSK fuzzy models by combining global learning and local learning. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 6(4), 530-537. <https://doi.org/10.1109/91.728447>