

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,
Volumen 9, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

DISPOSITIVO BIOMÉDICO CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA DETECCIÓN DE DIABETES TIPO 2 E HIPERTENSIÓN ARTERIAL

**BIOMEDICAL DEVICE WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE
FOR THE DETECTION OF TYPE 2 DIABETES AND HIGH
BLOOD PRESSURE**

Dr. José de Jesús Zavala Zavala

Tecnológico Nacional de México

Dr. Héctor Daniel Vázquez Delgado

Tecnológico Nacional de México

Dra. Mariana Valdespino León

Tecnológico Nacional de México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16293

Dispositivo Biomédico con Inteligencia Artificial para la Detección de Diabetes tipo 2 e Hipertensión Arterial

Dr. José de Jesús Zavala Zavala¹jjesus@cintalapa.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0002-2341-3516>Tecnológico Nacional de México
Campus Cintalapa/ITSC, División
de Ingeniería Industrial
México**Dr. Héctor Daniel Vázquez Delgado**hvazquez@cintalapa.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0002-1260-4210>Tecnológico Nacional de México
Campus Cintalapa/ITSC, División
de Ingeniería Informática
México**Dra. Mariana Valdespino León**valdespino@cintalapa.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0003-1209-5708>Tecnológico Nacional de México
Campus Cintalapa/ITSC, División
de Ingeniería en Industrias alimentarias
México

RESUMEN

Según la INEGI en el año 2021, las principales defunciones en México son por enfermedades como el COVID-19 con 238 772, enfermedades del corazón con 225 449, Diabetes mellitus con 140 729 y Chiapas son las enfermedades del corazón con 8949 y la Diabetes mellitus con 5838. La creación del Dispositivo Biomédico con inteligencia artificial busca detectar en primera instancia si la persona padece de diabetes tipo 2, dando como positivo si la App muestra un resultado de 1 o aproximadamente a 1. Para el desarrollo del dispositivo se basó en la siguiente metodología: 1.- Se detecta la enfermedad de mayor mortalidad en México; 2.- Se identificaron los signos oculares de la diabetes tipo 2; 3.- Se generará una Base de datos de personas enfermas de diabetes tipos 2; 4.- Se genera el código; 5.- Se entrena el modelo que identifica los ojos enfermos; 6.- Se sigue entrenando y mejorando el modelo; 7.- Se genera la interfaz de la App de escritorio; 8.- Se realizan mediciones; 9.- Se obtienen resultados. El resultado que emite la App tiene una correlación del 0.80 entre los resultados del laboratorio y los de la App, teniendo una correlación fuerte positiva.

Palabras clave: diabetes tipo 2, enfermedad ocular, dispositivo biomédico, python

¹ Autor Principal

Correspondencia jjesus@cintalapa.tecnm.mx

Biomedical Device with Artificial Intelligence for the Detection of type 2 Diabetes and High Blood Pressure

ABSTRACT

According to the INEGI in 2021, the main deaths in Mexico are due to diseases such as COVID-19 with 238,772, heart diseases with 225,449, Diabetes mellitus with 140,729 and Chiapas are heart diseases with 8,949 and Diabetes mellitus with 5838. The creation of the Biomedical Device with artificial intelligence seeks to detect in the first instance if the person suffers from type diabetes 2, giving as positive if the App shows a result of 1 or approximately 1. The development of the device was based on the following methodology: 1.- The disease with the highest mortality in Mexico is detected; 2.- The ocular signs of type 2 diabetes were identified; 3.- A Database of people with type 2 diabetes will be generated; 4.- The code is generated; 5.- The model that identifies diseased eyes is trained; 6.- The model continues to be trained and improved; 7.- The interface of the desktop App is generated; 8.- Measurements are made; 9.- Results are obtained. The result issued by the App has a correlation of 0.80 between the results of the laboratory and those of the App, having a strong positive correlation.

Keywords: type 2 diabetes, eye disease, biomedical device, python

*Artículo recibido 10 diciembre 2024
Aceptado para publicación: 30 enero 2025*



INTRODUCCIÓN

Según la Secretaría de salud en México siete de cada diez adultos, cuatro de cada diez adolescentes y uno de cada tres niños presentan sobrepeso u obesidad, por lo que se considera un grave problema de salud pública. México ocupa el quinto lugar en la tabla de países que tienen mayor población con este problema en el mundo y se espera que en una década más de 35 millones de personas sufran este padecimiento, según el Atlas de Salud.

En México la mortalidad por diabetes ha tenido un incremento de 7.2 veces de 1980 a 2016, y en la actualidad tres de cada 20 fallecimientos son por esta enfermedad. En promedio, los hombres con diabetes mueren a una edad más temprana que las mujeres (67 versus 70 años respectivamente), y solo el 20% de los hombres que han desarrollado este padecimiento viven más de 75 años, frente al 26% en el caso las mujeres.

De acuerdo con la ENSANUT 2021, la prevalencia nacional de diabetes es de 15.8% de la población y de la que el 36% desconoce su condición. La prevalencia de diabetes total aumenta con la edad de 5.7% en menores de 40 años, a 19.9% en adultos de 40 a 59 años y 31.2% en adultos con 60 y más. Sin embargo, una nueva investigación de la Federación Internacional de Diabetes (FID) publicada antes del Día Mundial de la Diabetes estima que la prevalencia de la diabetes en México sea del 16.9%, es decir, una de cada seis personas.

Según la INEGI en el año 2021, las principales defunciones en México son por enfermedades como el COVID-19 con 238 772, enfermedades del corazón con 225 449, Diabetes mellitus con 140 729, Tumores malignos con 90 124, Influenza y neumonía 54 601 y las enfermedades del hígado 41890.

En la actualidad en App Store existen varias aplicaciones enfocadas a la diabetes: 1.- Enfocadas a llevar el control sobre las tendencias de azúcar en sangre; 2.- Registrar el consumo alimenticio y con ello la predicción de glucosa; 3.- Una vez el diagnóstico se dictamina el medicamento de forma segura.

DDH App es un dispositivo Biomédico que usa inteligencia artificial para pronosticar si el paciente padece de diabetes tipo 2 y este tenga los siguientes beneficios: 1.- En caso de un accidente, el socorrista conozca si es posible diabético y con ello sepa cómo dar los primeros auxilios de manera adecuada; 2.-

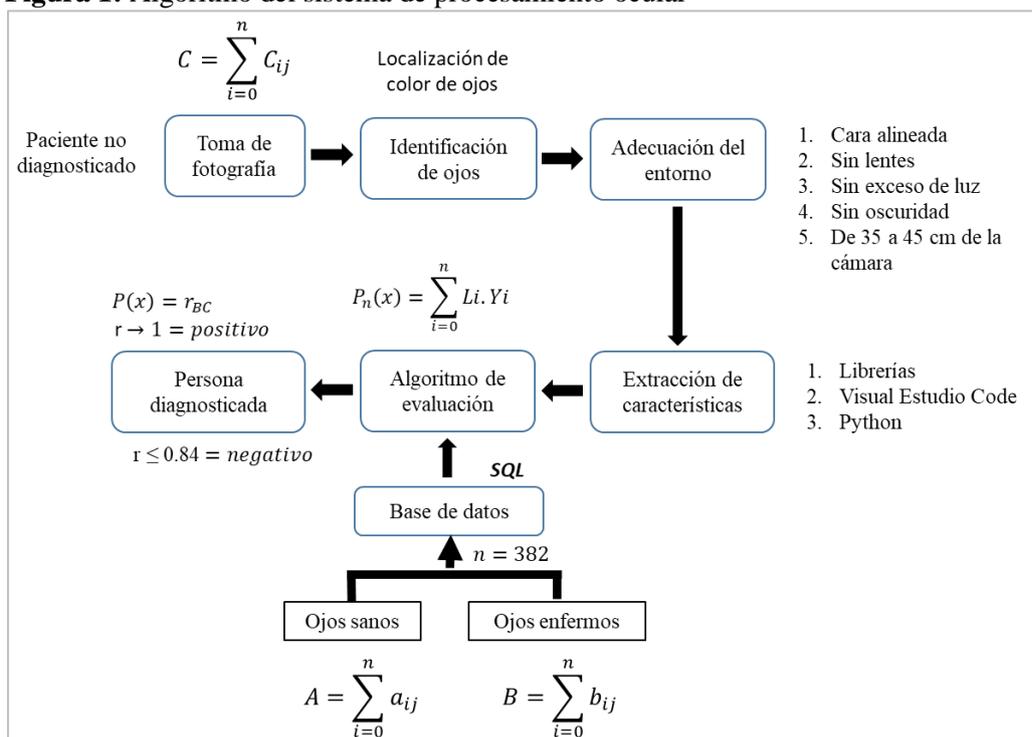


El médico general envía o no al paciente a realizarse la prueba de glucosa; 3.- El paciente sepa si tiene o no glucosa alta. DDH es un dispositivo biomédico de apoyo en la toma de decisiones para el médico general.

METODOLOGÍA

Según la Facultad de Medicina de Buenos Aires (2020), existen básicamente 3 formas de monitorear la glucemia en pacientes con diabetes mellitus: 1.- Con aparatos medidores que utilizan tiras reactivas; 2.- Los glucómetros que emplean una pequeña gota de sangre y medidores amperimétricos para medir la corriente generada por la glucosa deshidratada que oxida la glucosa a ácido gluónico, reduciendo el ADN en lugar de oxígeno; 3.- Actualmente la nueva tecnología de sensores, permite un escaneo rápido con un lector, que mide la glucosa que está presente en el fluido intersticial en forma continua durante las 24 horas, este escaneo, viene con un software que le permite elaborar gráficos fáciles de interpretar, con un resumen histórico de glucosas de hasta 90 días de manera que el paciente puede conocer sus patrones de glucosa intersticial y su variabilidad; 4.- DDH es un dispositivo Biomédico de primer nivel que diagnóstica la probabilidad de padecer diabetes tipo 2, sin decir la cantidad de glucemia en sangre. El algoritmo de la funcionalidad del sistema de procesamiento de imágenes oculares con inteligencia artificial se muestra en la figura 1.

Figura 1: Algoritmo del sistema de procesamiento ocular



Para el desarrollo de la metodología del dispositivo biomédico DDH se realizó bajo el siguiente proceso:

1. Determinar quién será el paciente diagnosticado.
2. Tomarse la fotografía convirtiéndola en una matriz de valores como se define a

$$C = \sum_{i=0}^n C_{ij}$$

3. Identificación de características oculares de los pacientes enfermos.
4. Determinación del entorno para tomar la fotografía adecuada. Los requisitos que debe cumplir el entorno para tener un diagnóstico correcto son: rostro alineado de manera frontal a la cámara, no usar lentes al momento de la fotografía, tomar la fotografía entre 350 y 700 luxes y la cercanía del rostro a la cámara deberá estar entre 35 a 45cm.
5. Definición de las características del software: Se usó visual Studio Code versión 1.80, Python 3.10.1 con sus respectivas librerías, las básicas fueron OpenCV, imutils y numpy.
6. Se determina el tamaño de la muestra para el entrenamiento y la base de datos en donde n=382 personas.
7. Se generó un entrenamiento del procesamiento de imágenes para el desarrollo de un algoritmo por medio de una interpolación Lagrange utilizando:

$$P_n(x) = \sum_{i=0}^n L_i \cdot Y_i$$

8. Se realizaron pruebas para ver si los resultados obtenidos eran correctos.
9. Se definen las características y los datos requeridos de la interfaz de la App.
10. Se desarrolla el interfaz de la App
11. Se ajusta el modelo para la disminución de error de los resultados.
12. Se valida la DDH como dispositivo biomédico confiable.
13. Se diagnostica al paciente una vez utilizada la base de datos dando como resultado que $P(x) = \tau_{BC}$
14. Se comparan los resultados con glucómetros y sensores existentes.

Para el uso de la base de datos en DDH se utilizó el siguiente procedimiento.

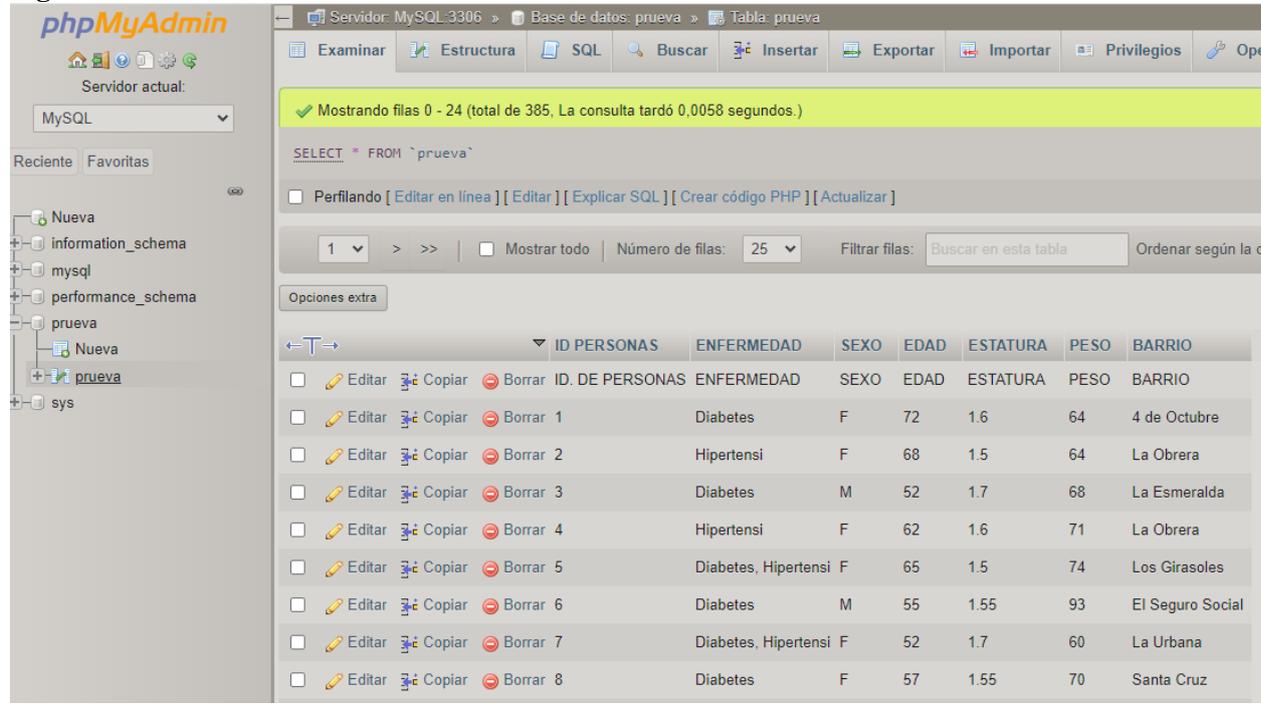
1. Determinación del tamaño del universo (54285 habitantes).



2. Determinación del tamaño de la muestra 382 habitantes.
3. Definición de las variables del paciente para la base de datos.
4. Definición e instalación del Software para el diseño de la base de datos.
5. Diseño de base de datos
6. Generación de la base datos
7. Actualización de la base de datos

En la figura 2 se muestra el resultado de la generación de la base de datos diseñada en php, teniendo como servidor a MySQL.

Figura 2. Base de datos



RESULTADOS

Antes de hablar de lo obtenido en la App DDH se explicará que indican los resultados de la aplicación. Los resultados que da el algoritmo son del 0 a 1, en el cual 0 indica que no hay signos vitales o no hay correlación de datos y 1 indica que el paciente es 100% de tener alto los valores de la Presión Arterial o de la glucemia. Todos los pacientes tienen Presión Arterial y glucemia por lo que los resultados de la App DDH siempre estarán entre 0.70 y 0.99.



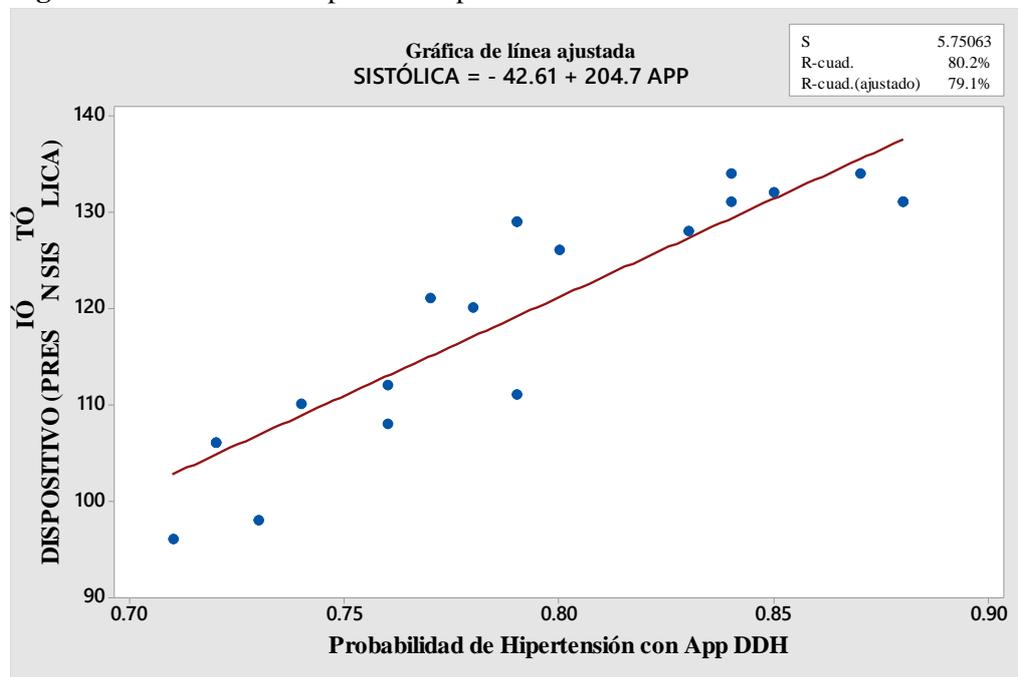
Para los datos de la Presión Arterial se determinó una tabla de los valores de mm Hg con respecto a la probabilidad de sufrir la enfermedad en la App DDH quedando de la siguiente manera.

Tabla 1: Conversión de resultados

Valores	Presión mm Hg	Probabilidad de App DDH
Baja	≤90/≤60	≤ 0.74
Normal	120/80	0.75 – 0.87
Alta	≥130/≥80	≥ 0.88

Para la obtención de resultados se buscaron personas voluntarias con el deseo de conocer si padecen Diabetes tipo 2 e Hipertensión Arterial. También se diagnosticó a personas Diabéticas que llevan su control glucémico y están medicadas. Para los resultados de la Hipertensión Arterial el paciente se midió la presión con la App DDH y con el medidor de presión digital genérico y con ello hacer una comparativa de los resultados de Ambos Dispositivos Biomédicos. La figura 3 muestra los resultados de padecer Diabetes tipo 2 con la App DDH y la medición de la presión sistólica con el medidor de presión.

Figura 3: Probabilidad de padecer Hipertensión arterial



La figura 3 muestra que existe una correlación positiva fuerte de $r = 0.802$ entre la probabilidad de padecer Hipertensión Arterial con la App DDH con los datos de Presión sistólica.

La figura 4 Muestra el residuo existente de los valores arrojados en el diagnóstico con respecto a la presión sistólica y como se puede observar todos los datos están cercanos a la ecuación de la recta lo que indica que el error es cercano a 0.

Si la regresión lineal se ajusta a un modelo de regresión cuadrática la correlación positiva se hace más fuerte con una $r = 0.865$ con respecto del diagnóstico de padecer Hipertensión Arterial y la desviación estándar mejora, bajando de $S = 5.750$ a $S = 4.881$. la Figura 5 muestra el modelo de regresión cuadrática con sus ajustes y cálculos.

La figura 6 muestra los resultados de la App DDH de padecer diabetes tipo 2 con respecto a la presión Diastólica y se observa que la correlación es moderada de $r = 0.672$. Esto significa que la Presión sistólica es más difícil de predecir ya que con los resultados obtenidos de la correlación es positiva moderada y como la $p = 0.000$ indica que los valores del diagnóstico no son producto del azar y son dispersos a la presión sistólica normal de 80mm Hg.

Figura 4: Residuos de Diagnóstico de Hipertensión Arterial

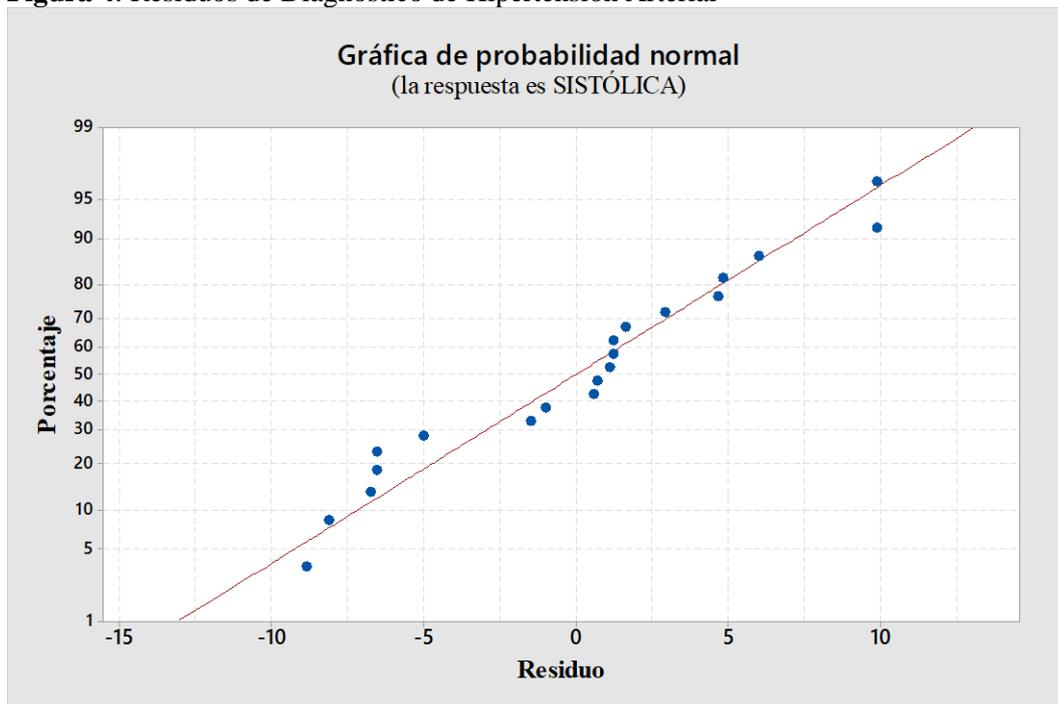
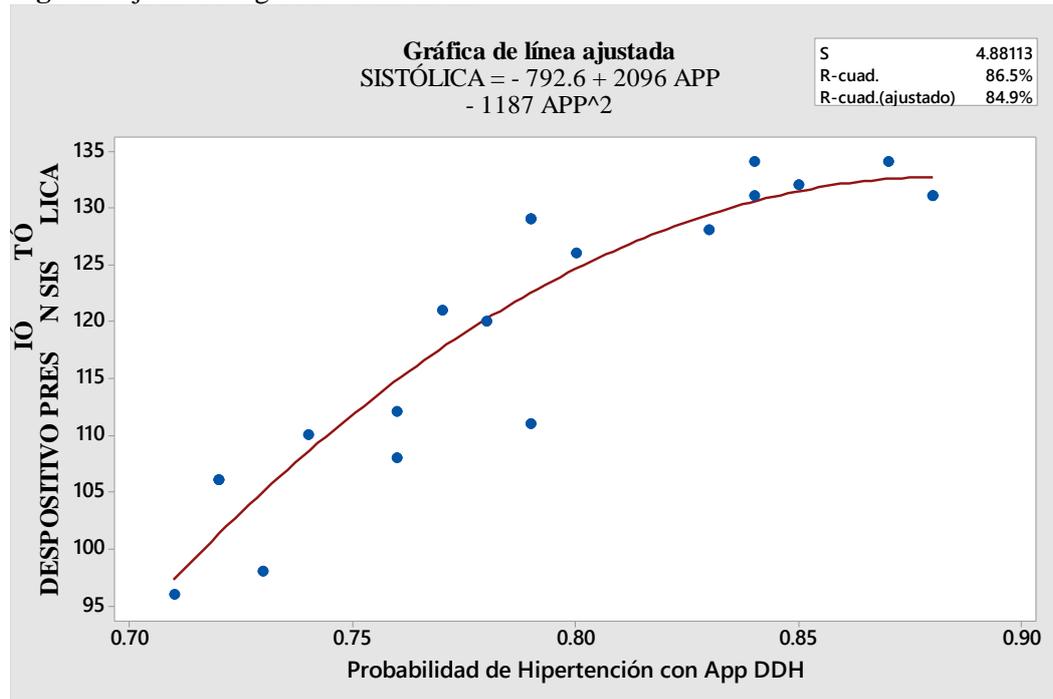


Figura: Ajuste de regresión cuadrática.

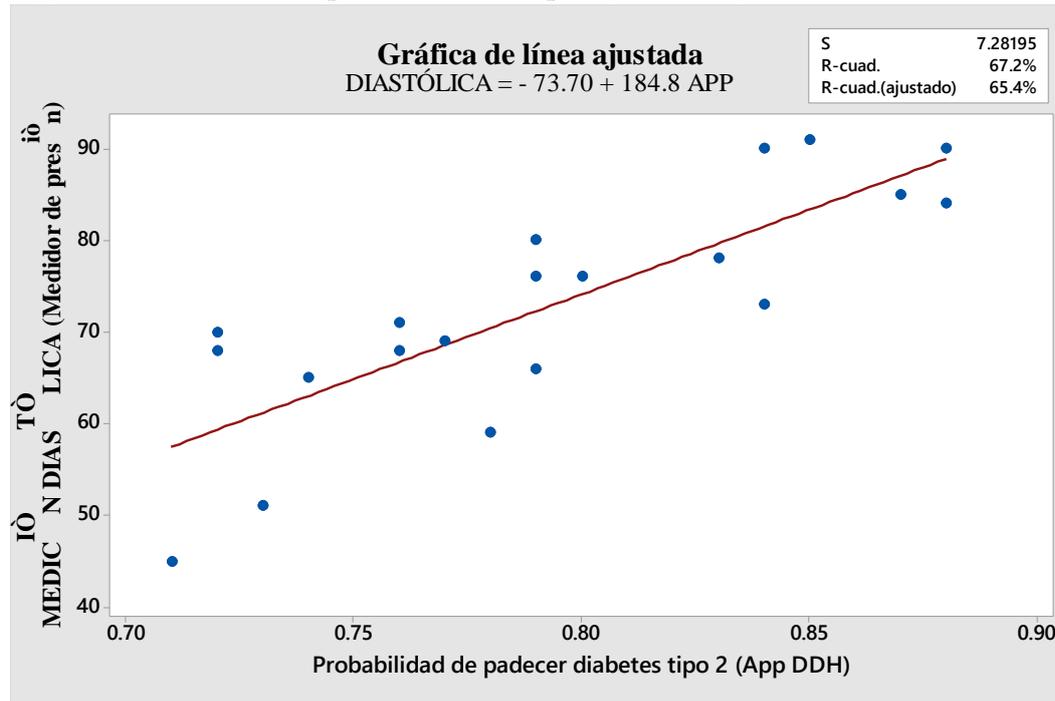


CONCLUSIÓN

Con los datos obtenidos en la figura 1 se concluye que existe una correlación positiva fuerte entre los resultados de la App DDH y el medidor de presión arterial. Con $n=20$ se puede decir que los datos del diagnóstico son confiables para una empresa que no fuera del área de salud. Más sin embargo como el dispositivo es biomédico el nivel de confianza que se espera es 99.99 equivalente a 3.4 errores por millos.

Con los resultados obtenidos se puede concluir que la App DDH tiene resultados aceptables para productos que utilizan 3σ , pero para aplicación DDH, se necesita mayor entrenamiento para el mejoramiento del algoritmo, dando como mejoramiento el diagnóstico de la Hipertensión Arterial. También se concluye que el muestreo debe ser de al menos 382 pacientes equivalente a 95% de confianza en el municipio de Cintalapa de Figueroa, para que la correlación de los datos sea mayor a lo obtenido.

Figura 6: Probabilidad de padecer diabetes tipo 2 (Diastólica)



Se concluye que es más fácil de predecir la presión sistólica que la presión diastólica, esto de acuerdo a la correlación que fue calculada en la figura 3 que calcula la correlación sistólica del medidor de presión con respecto a la App DDH y la figura 6 que se calcula la correlación diastólica del medidor de presión con respecto a la App DDH.

También es importante mencionar que se tiene diagnósticos de diabetes tipo 2 con la App DDH, pero hace falta que todos los pacientes se sacaran la prueba ante un laboratorio clínico certificados, de los cuales solo los de probabilidad alta de sufrir Diabetes tipo 2 se lo hicieron. El paciente 6 de probabilidad 0.89, el paciente 7 con probabilidad 0.88 y el paciente 16 con probabilidad de 0.87, los resultados obtenidos de esos dos pacientes son los siguientes:

Tabla 2: Resultados de glucosa

No. Paciente	App DDH (probabilidad)	Laboratorio Diagnosur
6	0.89	96 mg/dL
7	0.88	90 mg/ dL
16	0.87	97 mg/dL

Se recomienda para futuras investigación usar un tamaño de la muestra de diagnosticados, similar al tamaño de la muestra de la base datos del Software, para que el nivel de confianza de los diagnósticos sea significativo y todos realicen el diagnóstico con un laboratorio clínico y con la App y determinar de cada enfermedad la correlación de los valores y la confiabilidad de los resultados de la App DDH.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilar S. C. (2019), Guías sobre el diagnóstico, control, tratamiento de la Diabetes Mellitus tipo 2 con Medicina basada en evidencia, Revista de la Asociación Latinoamericana de Diabetes. ISSN 2248 6518, pág. (7-8), link: https://revistaalad.com/guias/5600AX191_guias_alad_2019.pdf

App Store (2023). Monitoreo de glucosa. Taconic system LLC.

<https://apps.apple.com/mx/app/monitor-de-glucosa/id545875756>.

Berdonces J.L. (2012). El gran libro de la Iridología, el iris del ojo refleja la salud. Editorial RBA Libros S.A.

Bhatia, S.K.; P. Atole; S. Kamble, P. Telang (2015) “Methodology for Detecting Diabetic Presence from Iris Image Analysis” International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Vol 4 Issue3.

Google Play (2023). MySugr- diario para Diabetes.

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mysugr.android.companion&hl=es_MX&gl=US

Google Play (2023). iDoctus,

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.edoctores.android.apps.idoctus&hl=es_MX&gl=US.

INEGI (2021). Estadísticas a propósito del día mundial de la Diabetes. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP_Diabetes2021.pdf

INEGI (2021). Estadística de defunciones registradas de enero a junio del 2021. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/dr/dr2021.pdf>.

Lezaeta M. () El iris de tus ojos Revela tu salud. Editorial Pax, Url <https://www.terradelibros.com/media/pax/files/sample-139855.pdf>

Macias et. al., (2019), Principios de la Oftamología, una nueva visión de la ciencia, Editorial MAWIL.



Montesinos P. C. (2024). Estudios solicitados de glucosa. Folio 13995, DIAGNOSUR Laboratorio de Análisis Clínicos.

Moreno A. L. & García, G. J. & Soto E. G. & Capraro S. (2014), Epidemiología y determinantes sociales asociados a la obesidad y a la diabetes tipo 2 en México. Reviste Médica del Hospital General. Volumen 77, Pág. 114-123.

Secretaría de Salud, (2018). Sobre peso y obesidad, factores de riesgo para desarrollar diabetes, <https://www.gob.mx/salud/articulos/sobrepeso-y-obesidad-factores-de-riesgos-para-desarrollar-diabetes>.

Rodríguez F. (2018). Diagnóstico de la diabetes mediante el análisis del Iris. Url: <https://riubu.ubu.es/bitstream/10259/4851/1/Andr%C3%A9s-Bisabarro-Higuera.pdf>

Organismo Andino de Salud (2022), Diagnóstico Situacional de la Salud ocular por curso de vida, en la región Andina, Url: <https://www.orasconhu.org/sites/default/files/file/webfiles/doc/LIBRO%20OCULAR%20%281%29.pdf>

