

CORTO ✨



Imagen creada en Leonardo.AI



PILOTO INNOVADOR PARA EL MONITOREO DE PACIENTES CRÓNICOS EN DOMICILIO MEDIANTE INTERNET DE LAS COSAS

INNOVATIVE PILOT FOR MONITORING CHRONIC PATIENTS AT HOME USING THE INTERNET OF THINGS

Carlos Augusto López Saldarriaga¹ Aleksander Ivánovich Boetsév⁴
José Duván Velásquez Guerrero² Alexei Rodríguez Macías⁵
Laura Fernanda Duarte Hernández³

RESUMEN

Las enfermedades crónicas, y en particular la diabetes, representan una carga significativa para el sistema sanitario, pues requieren de un manejo constante para evitar complicaciones que afectan la salud de los pacientes e implican altos costos. En la actualidad, se están desarrollando tecnologías basadas en Inteligencia Artificial (IA), Big Data y dispositivos IoT, para mejorar el manejo de enfermedades crónicas en el hogar. En este estudio, el **objetivo** era implementar un dispositivo de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) en un entorno real, instalando un gateway en las viviendas de pacientes diabéticos con el fin de evaluar su usabilidad y efectividad, así como identificar posibles mejoras. Para llevar a cabo esta implementación, la **metodología** fue un estudio descriptivo cualitativo que evaluó el funcionamiento de un modelo de monitoreo domiciliario en pacientes con diabetes tipo 2, utilizando gateways¹ IoT de fabricación propia y glucómetros con conexión Bluetooth disponibles en el mercado colombiano. Este protocolo de monitoreo se aplicó a 4 pacientes, observando aspectos como la conectividad, precisión y usabilidad del sistema desde la perspectiva de los usuarios.

Las pruebas técnicas de conexión entre el glucómetro y el gateway mostraron **resultados** positivos, y se observó una buena adherencia al uso de la herramienta y estabilidad en su funcionamiento. La monitorización de pacientes a través de gateways externos demostró ser factible y podría incrementar la adherencia de los usuarios al protocolo, al eliminar la necesidad de aplicaciones móviles, las cuales pueden representar una barrera para algunos pacientes. En **conclusión**, el modelo de monitorización propuesto mediante gateways IoT demostró ser viable en un entorno real. No obstante, se requieren estudios adicionales para comparar la adherencia de los pacientes a este sistema en relación con otros métodos de monitoreo, y así fortalecer la efectividad del protocolo de medición.

Palabras claves:

Enfermedades crónicas, telemonitorización, e-health, Internet de las Cosas, Diabetes Mellitus.

ABSTRACT

Chronic diseases, and diabetes in particular, represent a significant burden for the healthcare system, as they require constant management to avoid complications that affect patients' health and entail high costs. Currently, technologies based on Artificial Intelligence (AI), Big Data and IoT devices are being developed to improve the management of chronic diseases at home. In this study, the **objective** was to implement an Internet of Things (IoT) device in a real environment, installing a gateway in the homes of diabetic patients in order to evaluate its usability and effectiveness, as well as identify possible improvements. To carry out this implementation, the **methodology** was a qualitative descriptive study that evaluated the operation of a home monitoring model in patients with type 2 diabetes, using self-made IoT gateways and glucometers with Bluetooth connection available in the Colombian market. This monitoring protocol was applied to 4 patients, observing aspects such as connectivity, precision and usability of the system from the users' perspective.

Technical tests of the connection between the glucometer and the gateway showed positive **results**, and good adherence to the use of the tool and stability in its operation were observed. Monitoring patients through external gateways proved to be feasible and could increase user adherence to the protocol, by eliminating the need for mobile applications, which can represent a barrier for some patients. In **conclusion**, the proposed monitoring model using IoT gateways proved to be viable in a real environment. However, additional studies are required to compare patient adherence to this system in relation to other monitoring methods, and thus strengthen the effectiveness of the measurement protocol.

Key words: Chronic diseases, telemonitoring, e-health, Internet of Things, Diabetes Mellitus

¹ Puertas de enlace: La pasarela o puerta de enlace es el dispositivo que actúa de interfaz de conexión entre aparatos o dispositivos, y también posibilita compartir recursos entre dos o más ordenadores.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades crónicas representan una carga significativa para los sistemas de atención médica en todo el mundo. Entre ellas, la Diabetes Mellitus tipo II (DM2) es una de las principales causas de morbilidad, mortalidad y gasto sanitario global (Flood et al., 2022). En Colombia, esta enfermedad causa más de 30.000 muertes al año y afecta a cerca de cuatro millones de personas. (Aschner, 2010; International Diabetes Federation, 2021).

La DM2, como otras enfermedades crónicas, es una condición de duración indefinida que requiere atención médica continua y manejo a lo largo de la vida del paciente. Su tratamiento implica visitas regulares al médico, medicación a largo plazo y pruebas de diagnóstico periódicas (El-Rashidy et al., 2021). Además, esta enfermedad impacta significativamente la calidad de vida de las personas y, sin un manejo adecuado, puede llevar a complicaciones graves, como infartos, accidentes cerebrovasculares, pérdida de visión, amputaciones y falla renal crónica (Tabesh et al., 2018).

Estas complicaciones suelen requerir hospitalización y atención intensiva, lo que eleva considerablemente los costos y, en consecuencia, el gasto total en salud. En Colombia y en otros países similares, dado el bajo diagnóstico oportuno, el limitado acceso y participación en los seguimientos de control y exámenes y los retos en la adherencia a los tratamientos estipulados, más del 70% del gasto total en salud se utiliza en el manejo de pacientes crónicos (Becchetti et al., 2017) y, en específico, se gastan 6,5 billones anuales en el manejo de DM2 (Fondo Colombiano de Enfermedades de Alto Costo, 2020).

La progresión de la DM2 y sus complicaciones pueden prevenirse mediante el monitoreo constante de los parámetros clínicos del paciente, la promoción de hábitos saludables y el correcto uso de los medicamentos prescritos (Tchero et al., 2019). Estos esfuerzos no solo mejoran la calidad de vida del paciente, sino que también reducen la carga económica para el sistema de salud.

Marco actual

La monitorización de parámetros clínicos y del estilo de vida en sistemas de salud tradicionales es limitada debido a la falta de recursos y accesibilidad prioritaria (Rogvi et al., 2021). Por esta razón, se han planteado soluciones tecnológicas de e-health, como sistemas de telemedicina y monitoreo remoto de pacientes. Estos últimos han ganado popularidad por el alcance que tienen los dispositivos móviles en la actualidad. El-Rashidy et al. (2021) describen cómo el monitoreo regular puede reestructurar la forma de prestar servicios de salud, prevenir complicaciones, mejorar la calidad de vida, ampliar la cobertura y optimizar los costos operativos, talento humano y el gasto/riesgo en complicaciones de las instituciones, gracias a la posibilidad de acceso remoto y en tiempo real por parte de los profesionales de la salud a la información del paciente (Zhai et al., 2014).



Foto de: <https://www.freepik.es>



Entre las herramientas de monitoreo más avanzadas se encuentra el Monitoreo Continuo de Glucosa (CGM, por sus siglas en inglés), fundamental para alcanzar los objetivos glucémicos en personas con diabetes (Michaud et al., 2021). Un metaanálisis de ensayos controlados aleatorios comparó el CGM con los cuidados habituales, mostrando una reducción en los niveles de Hemoglobina Glicosilada (HbA1c) y mejoras en métricas clave, como, el aumento en el Tiempo en Rango (TIR) la disminución del Tiempo por Encima del Rango (TAR) y el Tiempo por Debajo del Rango (TBR). Estos beneficios se observaron de manera consistente sin importar el tipo de diabetes, el método de administración de insulina o la razón para el uso de CGM (Maiorino et al., 2020).

La tecnología IoT y los procesos de recolección de información se han convertido en elementos cruciales en el ámbito global y multisectorial, destacándose como pilares de la nueva revolución industrial (Al-Rawashdeh et al., 2022). Esta relevancia se refleja en las agendas nacionales y programas internacionales que impulsan su adopción. Estudios relevantes señalan que los sistemas inteligentes de seguimiento basados en Machine Learning e IoT están emergiendo como herramientas eficaces para el monitoreo en tiempo real de pacientes diabéticos, mejorando la gestión de la enfermedad reduciendo, la incidencia de complicaciones, lo cual contribuye a la disminución de los costos de los servicios de salud (Menon et al., 2023).

En investigaciones realizadas por Basatneh y colaboradores, se evidenció una disminución en los valores de hemoglobina glicosilada y una mejor personalización de los rangos de presión arterial y glucemia, lo que reduce significativamente los riesgos en estos pacientes y mejora su calidad de vida (Basatneh et al., 2018). Además, estudios comparativos han resaltado la eficiencia de los procesos basados en información en comparación con los métodos convencionales, demostrando mejoras significativas en la atención al paciente y en la optimización del tiempo del personal médico (Lee et al., 2017).

En cuanto a la interacción con el paciente, se están explorando nuevos procesos de retroalimentación y recolección de información, a través de tecnologías cotidianas como los servicios de mensajería instantánea y modelos de síntesis y reconocimiento de voz. (Andrés et al., 2019). Por ejemplo, plataformas como WhatsApp y Amazon Alexa han mostrado una evidencia significativa en la mejora de la adherencia al tratamiento, el conocimiento de la enfermedad y su gestión general. Estas tecnologías están facilitando una interacción más fluida entre los pacientes y los profesionales de salud, promoviendo una gestión más efectiva de la diabetes (Wild et al., 2016).

Motivación

La adherencia y persistencia en el tratamiento son elementos centrales para el manejo efectivo de la DM2. Sin embargo, estudios han demostrado que un porcentaje significativo de pacientes no mantiene una adherencia adecuada a sus tratamientos. Un metaanálisis de 2015 destaca que solo el 56% de los pacientes presentaban una persistencia adecuada a su tratamiento para la DM2 (Iglay et al., 2015). Estos niveles subóptimos no solo dificultan el control eficaz de la glucemia, sino que también elevan el riesgo de complicaciones asociadas a la enfermedad.

Diversos factores contribuyen a esta falta de adherencia y persistencia, abarcando aspectos económicos y de comunicación entre los pacientes y los profesionales de la salud (Pourhabibi et al., 2022). En Colombia, la atención a las Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT), incluida la DM2, es una prioridad estratégica. El Plan Decenal de Salud Pública 2022-2032, destaca la importancia de la “promoción, fomento, incentivos a la oferta, innovación, desarrollo y monitoreo del mejoramiento de la producción nacional y regional, así como en la disponibilidad y acceso a medicamentos y tecnologías esenciales para la atención de las ECNT” (Ministerio de Salud y de la Protección Social, 2011).

A nivel internacional, la Organización Panamericana de la Salud (OPS), que actúa como oficina regional de las Américas para la Organización Mundial de la Salud (OMS), también ha priorizado la lucha contra las ECNT. En su Plan de Acción para la Prevención y el Control de Enfermedades No Transmisibles en las Américas, se destaca el objetivo 3.3, que busca “implementar intervenciones basadas en evidencia y costo-efectividad para el tratamiento y control de enfermedades como las cardiovasculares, hipertensión, diabetes, cánceres y enfermedades respiratorias crónicas” (Organización Panamericana de la Salud, 2014).

Dada la magnitud de los problemas descritos, surge la necesidad de desarrollar tecnología precisa y efectiva que reduzca la carga en el sistema de salud y se adapte a las necesidades de la población con enfermedades crónicas. Con este propósito, se diseñó y desarrolló un dispositivo de bajo nivel de interacción denominado Glady. Este equipo, tipo gateway, recibe mediciones desde cualquier dispositivo médico, mediante Bluetooth 4.0 LE (Zhu et al., 2010; Gomez et al., 2012), y las envía a una plataforma accesible en tiempo real para el profesional de la salud tratante. El dispositivo no requiere botones ni interfaz gráfica, y no necesita activación o acción adicional por parte del usuario. Por lo anterior, mientras el paciente utilice su dispositivo médico dentro del rango de cobertura Bluetooth, la medición será capturada de forma efectiva y enviada a la plataforma.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue implementar el dispositivo desarrollado en un entorno real, instalando un gateway en los hogares de pacientes diabéticos. Esto permitió evaluar su usabilidad y efectividad, con el propósito de identificar posibles mejoras y optimizar continuamente el producto.

Figura 1

Versión final Telecare Gateway TG-101GW



Nota. Elaboración propia

MATERIALES Y MÉTODOS

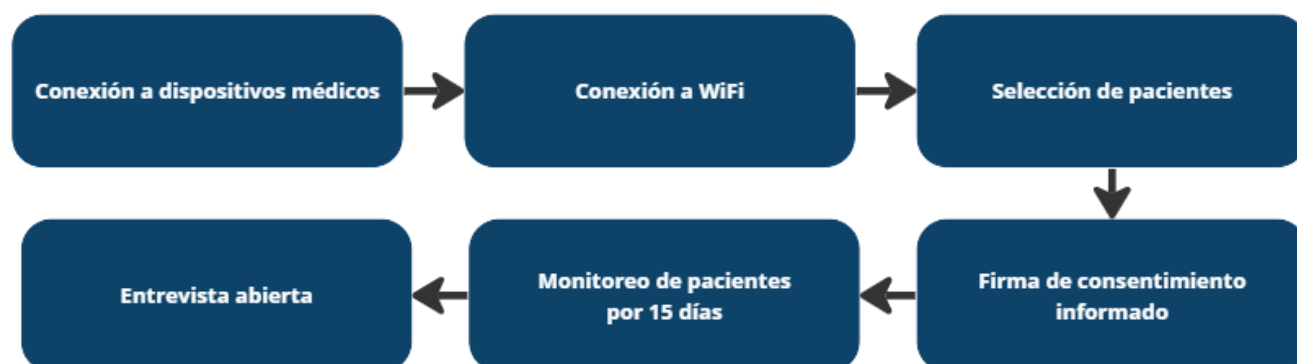
Para identificar los posibles problemas de usabilidad en el dispositivo, se llevó a cabo un estudio descriptivo cualitativo, siguiendo el procedimiento ilustrado en la Figura 2, que incluye la exploración de diversas opciones de conexión dentro del espectro del Internet de las Cosas (IoT) (Bansal & Kumar, 2020). Primero, fue necesario garantizar el cumplimiento de los requerimientos mínimos de funcionamiento, como la conexión a internet y a dispositivos médicos, según modelos orientados en la literatura (Rahmani et al., 2018). Una vez se cumplieron los requerimientos, se realizó la selección de la muestra de pacientes, bajo criterios específicos, y se monitorizaron por un periodo de 15 días continuos, durante los cuales se les pidió que tomaran la medición de su glucosa en sangre antes del desayuno y dos horas después de

este. Al finalizar, se realizaron entrevistas abiertas para indagar sobre la interacción de los pacientes con la tecnología.

La DM2, como otras enfermedades crónicas, es una condición de duración indefinida que requiere atención médica continua y manejo a lo largo de la vida del paciente. Su tratamiento implica visitas regulares al médico, medicación a largo plazo y pruebas de diagnóstico periódicas (El-Rashidy et al., 2021). Además, esta enfermedad impacta significativamente la calidad de vida de las personas y, sin un manejo adecuado, puede llevar a complicaciones graves, como infartos, accidentes cerebrovasculares, pérdida de visión, amputaciones y falla renal crónica (Tabesh et al., 2018).



Figura 2
Flujo de la metodología de investigación.



Nota. Elaboración propia

• Metodología de implementación técnica:

El proceso comenzó con una evaluación de la conectividad del dispositivo médico mediante un algoritmo programado en C++ en el SoC ESP32, encargado de establecer la conexión Bluetooth. Este algoritmo, a través de los registros de logging, verifica la correcta conexión del dispositivo y determina el formato de los datos emitidos.

Confirmada la conectividad, se suscribieron servicios y características del dispositivo médico, el cual actúa como un servidor Bluetooth. A través de esta suscripción, Gladys recibe las notificaciones de datos, decodificándolos mediante algoritmos específicos para extraer la medición realizada por el dispositivo.

Posteriormente, estos algoritmos fueron integrados al programa principal del Gateway, el cual gestiona la recopilación y transmisión de datos. Se realizaron pruebas exhaustivas para confirmar la estabilidad de la conexión Bluetooth entre el Gateway y el dispositivo biomédico, asegurando la eficiente recopilación y envío de datos.

Adicionalmente, se llevó a cabo una etapa crítica de verificación y experimentación, utilizando múltiples dispositivos médicos del mismo modelo. El objetivo es confirmar la coherencia entre los datos registrados por el gateway en el servidor y los datos exhibidos por los dispositivos médicos seleccionados. Estas pruebas de coherencia son fundamentales para asegurar la integridad y precisión de los datos recolectados.

Tras la implementación del dispositivo médico y aprobado el sometimiento de este a las rigurosas pruebas de funcionamiento, se diseñó el algoritmo que brinde un formato adecuado a la radiación recibida del dispositivo médico, para que así esta pueda ser enviada a través de internet al servidor central y este pueda interpretarla adecuadamente. El Gateway, a través

de la lógica de sus algoritmos, ha sido diseñado para brindar conectividad a internet a través de redes WiFi y GSM, de modo que esto le permite al Gateway persistir en la conexión a internet cuando existe fluctuación en alguna de estas dos redes a la que esté conectado.

• Selección de pacientes de prueba:

Se seleccionó una muestra inicial de 4 pacientes diabéticos, cumpliendo con los siguientes criterios de aceptación: edad mínima de 50 años, habilidades de lectura y escritura, tener Diabetes Mellitus Tipo II con hemoglobina glicosilada superior al 6%, un índice de autonomía mayor a 70 en la escala de Barthel y la participación de un círculo familiar en su cuidado. Los pacientes firmaron los consentimientos informados según la normatividad vigente. Adicionalmente, se tomó como criterio decisivo que los pacientes tuvieran red WiFi disponible en su domicilio como parte de los requerimientos mínimos de funcionamiento.

• Recopilación de datos del paciente y visualización:

Para recopilar los datos de cada paciente, primero se crea un perfil personalizado que incluye sus datos personales. Luego, el Gateway asignado al hogar del paciente se asocia a este perfil, configurando los parámetros de conexión a la red y los dispositivos biomédicos a utilizar. De esta manera, las mediciones recibidas por el Gateway se vinculan directamente al perfil del paciente correspondiente.

Para visualizar las mediciones, se desarrolló una interfaz gráfica que permite mostrar los datos en tiempo real, respetando el rango de funcionamiento del dispositivo médico.

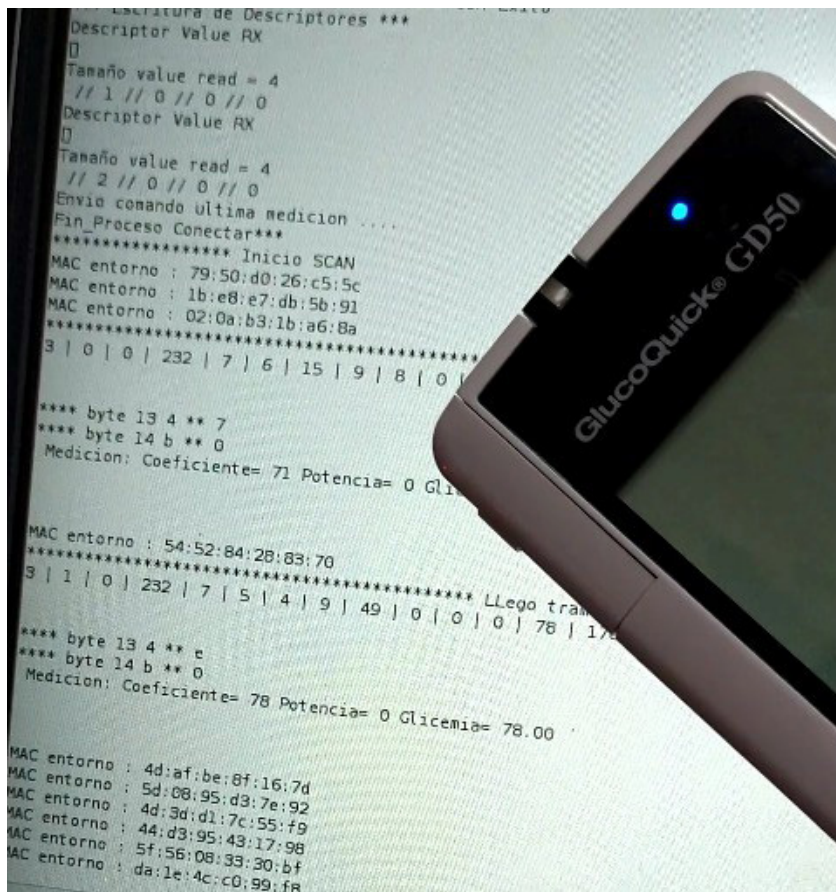
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los procedimientos técnicos y de ingeniería aplicados en el diseño e implementación del *gateway* Glady resultaron en un dispositivo robusto, que cumple con los objetivos de fiabilidad, eficiencia y baja fricción en el uso, con requisitos mínimos de funcionamiento. La implementación del dispositivo biomédico utilizado en este estudio, el glucómetro Glucoquick GD50, se realizó de forma satisfactoria y siguiendo los pasos descritos, lo que confirma la efectividad de las fases de implementación. Para este dispositivo específico, fue necesario realizar un proceso de emparejamiento de seguridad, permitiendo la lectura, escritura y suscripción a notificaciones de las características de interés.

El glucómetro no habilita el Bluetooth al encenderse; en su lugar, activa el módulo Bluetooth cuando se retira la tira reactiva que toma la muestra de sangre, momento en que también parpadea un LED azul para indicar la activación de Bluetooth. El Gateway escanea el entorno, encuentra el glucómetro y se conecta a él. Una vez establecida la conexión, el parpadeo del LED azul cambia, manteniéndose encendido para indicar una conexión Bluetooth exitosa.

Cuando el Gateway recibe la trama de datos a través de Bluetooth, los algoritmos de decodificación diseñados interpretan esta información. Los resultados decodificados se compararon con las lecturas en pantalla del glucómetro, obteniendo valores idénticos, lo cual confirma la precisión de la conversión de datos y la correcta interpretación del dispositivo Glady.

Figura 3
Conexión y decodificación del glucómetro.



Nota. Elaboración propia

Tras 15 días de monitoreo, fue posible obtener un registro de las mediciones que los cuatro pacientes tomaron con los dispositivos médicos que les fueron suministrados. En la Figura 6 se comparan las gráficas obtenidas de las mediciones de cada paciente.

En cuanto al comportamiento de las mediciones, uno de los pacientes reporta que no percibe necesario tomar la cantidad de mediciones que el médico le indicó, decidiendo hacer la medición cuando se siente mal, lo cual se evidencia en la Figura 6A, que sólo cuenta con tres mediciones. En contraste, el paciente cuyas mediciones se observan en la gráfica Figura 6B tomó las mediciones tal y como le indicó su médico, siguiendo un patrón de horas uniforme, tanto en ayunas, como dos horas después del desayuno.

Las gráficas de los pacientes en las Figura 6C y 6D, muestran patrones, con mediciones periódicas, aunque intermitentes. Estos pacientes reportaron no haber realizado todas las mediciones debido a los olvidos o circunstancias.

En cuanto a la interfaz de visualización, se evidencia un correcto funcionamiento. En la Figura 4, por ejemplo, se observa la presencia de la hora y la fecha en cada medición, información que se hace visible con sólo acercar el cursor del *ratón*. Estas utilidades permiten llevar un control más acertado y preciso de los pacientes.

coincidieron con los del dispositivo médico, incluso en escenarios reales. Sin embargo, el estudio se realizó en un ambiente controlado, lo que resalta la necesidad de futuras iteraciones que incluyan más dispositivos y situaciones del día a día, para evaluar su desempeño en entornos dinámicos.

En síntesis, este trabajo aporta evidencia significativa sobre el potencial de soluciones de monitoreo remoto para transformar los modelos de cuidado en salud, habilitando servicios como telemedicina y teleorientación, al tiempo que abre nuevas oportunidades en el análisis de Big Data y el desarrollo de modelos de aprendizaje automático. A medida que se avance en la investigación, la cocreación con profesionales de salud será fundamental para robustecer la solución y maximizar su impacto.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-rawashdeh, M., Keikhosrokiani, P., Belaton, B., Alawida, M., & Zwiri, A. (2022). IoT Adoption and Application for Smart Healthcare: A Systematic Review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(14). <https://doi.org/10.3390/S22145377>
- Andrès, E., Meyer, L., Zulfiqar, A. A., Hajjam, M., Talha, S., Bahougne, T., Ervé, S., Hajjam, J., Doucet, J., Jeandidier, N., & Hajjam El Hassani, A. (2019). Telemonitoring in diabetes: evolution of concepts and technologies, with a focus on results of the more recent studies. *Journal of Medicine and Life*, 12(3), 203–214. <https://doi.org/10.25122/jml-2019-0006>
- Aschner, P. (2010). Epidemiología de la diabetes en Colombia. *Avances En Diabetología*, 26(2), 95–100. [https://doi.org/10.1016/S1134-3230\(10\)62005-4](https://doi.org/10.1016/S1134-3230(10)62005-4)
- Bansal, S., & Kumar, D. (2020). IoT Ecosystem: A Survey on Devices, Gateways, Operating Systems, Middleware and Communication. *International Journal of Wireless Information Networks*, 27(3), 340–364. <https://doi.org/10.1007/S10776-020-00483-7/METRICS>
- Basatneh, R., Najafi, B., & Armstrong, D. G. (2018). Health Sensors, Smart Home Devices, and the Internet of Medical Things: An Opportunity for Dramatic Improvement in Care for the Lower Extremity Complications of Diabetes. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 12(3), 577–586. <https://doi.org/10.1177/1932296818768618>
- Becchetti, L., Conzo, P., & Salustri, F. (2017). The impact of health expenditure on the number of chronic diseases. *Health Policy (Amsterdam, Netherlands)*, 121(9), 955–962. <https://doi.org/10.1016/J.HEALTHPOL.2017.07.008>
- El-Rashidy, N., El-Sappagh, S., Riazul Islam, S. M., El-Bakry, H. M., & Abdelrazek, S. (2021). Mobile Health in Remote Patient Monitoring for Chronic Diseases: Principles, Trends, and Challenges. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/DIAGNOSTICS11040607>
- Flood, D., Geldsetzer, P., Agoudavi, K., Aryal, K. K., Brant, L. C. C., Brian, G., Dorobantu, M., Farzadfar, F., Gheorghe-Fronea, O., Gurung, M. S., Guwatudde, D., Houeahanou, C., Jorgensen, J. M. A., Kondal, D., Labadarios, D., Marcus, M. E., Mayige, M., Moghimi, M., Norov, B., ... Manne-Goehler, J. (2022). Rural-Urban Differences in Diabetes Care and Control in 42 Low- and Middle-Income Countries: A Cross-sectional Study of Nationally Representative Individual-Level Data. *Diabetes Care*, 45(9), 1961–1970. <https://doi.org/10.2337/DC21-2342>
- Fondo Colombiano de Enfermedades de Alto Costo. (2020). *Situación de la enfermedad renal crónica, la hipertensión arterial y la diabetes mellitus en Colombia 2020*.
- Gomez, C., Oller, J., & Paradells, J. (2012). Overview and evaluation of bluetooth low energy: An emerging low-power wireless technology. *Sensors (Switzerland)*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/s120911734>
- Igley, K., Cartier, S. E., Rosen, V. M., Zarotsky, V., Rajpathak, S. N., Radican, L., & Tunceli, K. (2015). Meta-analysis of studies examining medication adherence, persistence, and discontinuation of oral antihyperglycemic agents in type 2 diabetes. <https://doi.org/10.1185/03007995.2015.1053048>
- International Diabetes Federation. (2021). *IDF Diabetes Atlas 10th edition*. www.diabetesatlas.org
- Lee, S. W. H., Chan, C. K. Y., Chua, S. S., & Chaiyakunapruk, N. (2017). Comparative effectiveness of telemedicine strategies on type 2 diabetes management: A systematic review and network meta-analysis. *Scientific Reports*, 7(1).



- <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12987-z>
- Maiorino, M. I., Signoriello, S., Maio, A., Chiodini, P., Bellastella, G., Scappaticcio, L., Longo, M., Giugliano, D., & Esposito, K. (2020). Effects of Continuous Glucose Monitoring on Metrics of Glycemic Control in Diabetes: A Systematic Review With Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Diabetes Care*, 43(5), 1146–1156. <https://doi.org/10.2337/DC19-1459>
- Menon, S. P., Shukla, P. K., Sethi, P., Alasiry, A., Marzougui, M., Alouane, M. T. H., & Khan, A. A. (2023). An Intelligent Diabetic Patient Tracking System Based on Machine Learning for E-Health Applications. *Sensors*, 23(6). <https://doi.org/10.3390/s23063004>
- Michaud, T. L., Ern, J., Scoggins, D., & Su, D. (2021). Assessing the Impact of Telemonitoring-Facilitated Lifestyle Modifications on Diabetes Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Telemedicine and e-Health* (Vol. 27, Issue 2). <https://doi.org/10.1089/tmj.2019.0319>
- Ministerio de Salud y de la Protección Social. (2011). *Plan Decenal de Salud Pública 2011-2021*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2014). *Plan de acción para la prevención y el control de las enfermedades no transmisibles en las Américas 2013-2019*.
- Pourhabibi, N., Mohebbi, B., Sadeghi, R., Shakibazadeh, E., Sanjari, M., Tol, A., & Yaseri, M. (2022). Determinants of Poor Treatment Adherence among Patients with Type 2 Diabetes and Limited Health Literacy: A Scoping Review. *Journal of Diabetes Research*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2980250>
- Rahmani, A. M., Gia, T. N., Negash, B., Anzanpour, A., Azimi, I., Jiang, M., & Liljeberg, P. (2018). Exploiting smart e-Health gateways at the edge of healthcare Internet-of-Things: A fog computing approach. *Future Generation Computer Systems*, 78, 641–658. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.02.014>
- Rogvi, S., Guassora, A. D., Wind, G., Tvistholm, N., Jansen, S. M. B., Hansen, I. B., Perrild, H. J. D., & Christensen, U. (2021). Adjusting health care: practicing care for socially vulnerable type 2 diabetes patients. *BMC Health Services Research*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/S12913-021-06964-6>
- Tabesh, M., Shaw, J. E., Zimmet, P. Z., Söderberg, S., Koye, D. N., Kowlessur, S., Timol, M., Joonas, N., Sorefan, A., Gayan, P., Alberti, K. G. M. M., Tuomilehto, J., & Magliano, D. J. (2018). Association between type 2 diabetes mellitus and disability: What is the contribution of diabetes risk factors and diabetes complications? *Journal of Diabetes*, 10(9), 744–752. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.12659>
- Tchero, H., Kangambega, P., Briatte, C., Brunet-Houdard, S., Retali, G. R., & Rusch, E. (2019). Clinical Effectiveness of Telemedicine in Diabetes Mellitus: A Meta-Analysis of 42 Randomized Controlled Trials. *Telemedicine and E-Health*, 25(7), 569–583. <https://doi.org/10.1089/tmj.2018.0128>
- Wild, S. H., Hanley, J., Lewis, S. C., McKnight, J. A., McCloughan, L. B., Padfield, P. L., Parker, R. A., Paterson, M., Pinnock, H., Sheikh, A., & McKinsty, B. (2016). Supported Telemonitoring and Glycemic Control in People with Type 2 Diabetes: The Telescot Diabetes Pragmatic Multicenter Randomized Controlled Trial. *PLoS Medicine*, 13(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002098>
- Zhai, Y. K., Zhu, W. J., Cai, Y. L., Sun, D. X., & Zhao, J. (2014). Clinical- and cost-effectiveness of telemedicine in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (United States)*, 93(28), e312. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000000312>
- Zhu, Q., Wang, R., Chen, Q., Liu, Y., & Qin, W. (2010). IOT gateway: Bridging wireless sensor networks into Internet of Things. *Proceedings - IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, EUC 2010*, 347–352. <https://doi.org/10.1109/EUC.2010.58>

NOTAS

¹ Médico y cirujano. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4550-4937>. Correo: <mailto:carlos@glya.co>

² Ingeniero electrónico. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7272-935X>. Correo: duvan@glya.co

³ Ingeniera biomédica y Diseñadora. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5287-789X> Correo: laura@glya.co

⁴ Estudiante de Ingeniería Electrónica. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4265-9305> Correo: neftali@glya.co

⁵ Ingeniero Químico con Maestría en Gestión de la Innovación tecnológica. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7240-5721>. Correo: alexei@glya.co