

# Integration of IoT and Data Visualization for Personalized Diabetes Management: A Technological Approach to Chronic Disease Care

Emilio-Antonio Alarcón-Santos, Luis G. Montané-Jiménez, José-Guillermo Hernández-Calderón

Published: 30 November 2024

## Abstract

This paper presents a framework for developing diabetes management systems, emphasizing the importance of data collection, storage, analysis, and visualization. It discusses two main methods of data entry: manual and automated, each with its advantages and disadvantages. Data visualization is highlighted as a crucial component, enabling users to interpret their health information clearly and understandably, using graphs and tables that facilitate the identification of trends and patterns. Additionally, the document addresses security and privacy challenges in data storage, both locally and in the cloud. Data analysis allows for generating personalized recommendations that help patients manage their condition more effectively. Overall, the document underscores the need for intuitive and accessible interfaces that enhance user experience and promote proactive diabetes management.

## Keywords:

Data visualization; Diabetes; Chronic diseases; Medical devices; Biomarkers; Patient monitoring.

## 1 Introducción

La diabetes es una enfermedad crónica muy extendida que se caracteriza por la incapacidad del páncreas para producir suficiente insulina o por la menor capacidad del organismo para utilizarla eficazmente. La insulina, una hormona fundamental, regula los niveles de glucosa en sangre, y cualquier desequilibrio puede tener graves consecuencias. Si no se controla adecuadamente, la diabetes puede conducir a una hiperglucemia crónica, en la que los niveles elevados de azúcar en sangre causan con el tiempo daños importantes en diversos sistemas corporales, especialmente los

nervios y los vasos sanguíneos. Por otro lado, la insuficiencia de insulina puede provocar hipoglucemia, que, si persiste, puede tener consecuencias graves como daños cerebrales o incluso la muerte [2].

Dadas las graves consecuencias de una diabetes no controlada, la monitorización continua de los niveles de glucosa por parte de los pacientes resulta esencial, ya que fomenta el autocuidado y permite intervenir a tiempo. Las consultas periódicas con endocrinólogos también son vitales para garantizar que los pacientes comprendan su enfermedad de forma exhaustiva y sus implicaciones. Sin embargo, dado que los profesionales sanitarios no pueden supervisar constantemente a los pacientes, los dispositivos de Internet de las cosas (IoT) son una opción viable para la gestión de la diabetes. Estos dispositivos registran continuamente los datos vitales almacenados y posteriormente presentados a los médicos, lo que les permite hacerse una idea más precisa de la salud del paciente. Esta información permite ajustar los tratamientos de forma más personalizada y eficaz.

La visualización exacta y precisa de los datos es crucial para ayudar a los médicos a analizar los cambios en los hábitos de los pacientes y tomar decisiones de tratamiento bien informadas. Además, estas visualizaciones permiten a los pacientes comprender cómo sus actividades diarias afectan a su salud, lo que les capacita para tomar mejores decisiones para mejorar su bienestar [1, 3, 6]. Sin embargo, el reto reside en la posible sobrecarga de información y en las diversas formas en que se representan los datos en estas aplicaciones, lo que puede llevar a confusión [7]. Las aplicaciones móviles diseñadas para la gestión de enfermedades crónicas, como la diabetes, a menudo se enfrentan a estos retos de visualización de datos, lo que dificulta a los pacientes la navegación y el uso eficaz de las mismas [3].

Mientras los profesionales sanitarios analizan los datos recogidos por los dispositivos IoT, es igualmente importante que los pacientes comprendan esta información. Para ayudar a ello, muchos dispositivos IoT incluyen aplicaciones que visualizan los datos a lo largo del tiempo mediante gráficos. Sin embargo, estas visualizaciones sólo son intuitivas en ocasiones, y a veces requieren que los usuarios lean las instrucciones o realicen sus investigaciones, lo que resta facilidad de uso. Reconociendo que la visión es una de las formas más rápidas y eficaces de absorber información pone de relieve la importancia de crear representaciones visuales intuitivas [4].

---

Alarcón-Santos E.-A., Montané-Jiménez L. G., Hernández-Calderón J.-G.

Universidad Veracruzana  
Xalapa, Veracruz.

Email: emiliostdm@outlook.com, {lmontane,  
guillermohernandez02}@uv.mx

La compleja naturaleza de los datos relacionados con la diabetes exige que se transformen en formatos gráficos intuitivos, que faciliten la identificación de patrones, tendencias y correlaciones clave. Esta transformación no sólo ayuda al individuo a comprender su enfermedad, sino que también ayuda a los profesionales sanitarios a tomar decisiones informadas y personalizadas. Estas visualizaciones permiten a los pacientes interpretar sus datos de forma proactiva, lo que fomenta una mejor gestión de la diabetes y puede mejorar los resultados sanitarios y la calidad de vida. Además, la visualización de datos tiene un valor incalculable para la investigación, ya que ayuda a identificar áreas de interés y lagunas en el conocimiento, orientando así los futuros esfuerzos de investigación para avanzar en la atención y mejorar los resultados de las personas que viven con diabetes.

## 2 Propuesta

Con anterioridad, se ha llevado a cabo una investigación exhaustiva sobre la visualización de datos en la gestión de enfermedades crónicas, centrándose específicamente en la diabetes. Esta enfermedad, que afecta a millones de personas en todo el mundo, requiere de una atención continua y personalizada, lo que ha impulsado el desarrollo de tecnologías que permitan un mejor control y seguimiento de esta. En dicha investigación, se estableció una propuesta de marco de trabajo destinado al desarrollo de sistemas especializados en la gestión de la diabetes. Este marco no solo considera los aspectos técnicos de la recolección y presentación de datos, sino que también subraya la importancia de una interfaz que sea intuitiva y útil para los usuarios finales.



Figura 1. Metodología

La metodología empleada se ilustra en la Figura 1, dividida en tres bloques principales. El primero detalla los pasos seguidos para realizar la revisión de la literatura, utilizando la metodología PRISMA por su enfoque interdisciplinario, flexibilidad y transparencia. Esta metodología permitió identificar un conjunto de artículos, los cuales se analizaron narrativamente para explorar el estado del arte en la gestión de enfermedades crónicas mediante dispositivos IoT.

En el segundo bloque, se definen los objetivos y alcances de una propuesta basada en los resultados de la revisión de la literatura, teniendo en cuenta las recomendaciones obtenidas, así como las retroalimentaciones sobre consideraciones de diseño para mejorar la experiencia del usuario. Finalmente, el tercer bloque está dedicado a la aplicación de la propuesta en un estudio de caso, con el fin de evaluar si el marco de trabajo propuesto responde adecuadamente a las necesidades de los usuarios.

### 2.1 Identificación de usuarios

En el marco de trabajo propuesto, se identifica al desarrollador como un usuario clave, especialmente durante la fase de diseño y construcción del sistema. Este profesional tiene la responsabilidad de tomar decisiones críticas sobre las recomendaciones y enfoques

sugeridos en la visualización de datos. La Figura 2 ilustra un diagrama de recolección de datos que muestra cómo diversas fuentes de información se integran en el sistema para proporcionar un entorno de gestión eficaz.

El desarrollador no solo debe asegurarse de que el sistema funcione correctamente desde una perspectiva técnica, sino que también debe considerar cómo las decisiones de diseño afectarán la usabilidad y la efectividad del sistema para los usuarios finales. Esto incluye la elección de las herramientas de visualización más adecuadas, la integración de tecnologías de almacenamiento de datos, y la implementación de medidas de seguridad que protejan la privacidad del usuario.

Uno de los aspectos fundamentales en el desarrollo de sistemas de gestión de diabetes es la identificación de los usuarios que interactuarán con el sistema en su vida diaria. Es primordial establecer quiénes son las personas interesadas en el producto que se desarrollará, ya que sus necesidades y expectativas guiarán las decisiones de diseño. En este sentido, se han identificado tres tipos principales de usuarios: el paciente, el cuidador y el médico.

El paciente es el usuario principal y quien utilizará el sistema para monitorear su condición de salud de manera regular. La visualización de datos debe ser intuitiva y accesible, permitiendo al paciente comprender su estado actual de salud sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados. En muchos casos, los pacientes con diabetes cuentan con un cuidador que les ayuda en la gestión de su enfermedad. Este usuario necesita acceso a la misma información que el paciente, pero también podría requerir funcionalidades adicionales, como alertas sobre cambios repentinos en la condición del paciente o la capacidad de ingresar datos en nombre del paciente.

Los médicos utilizan los datos recopilados para tomar decisiones clínicas informadas. Donde para ellos, es crucial que la visualización de datos sea precisa, detallada y capaz de integrarse con otros sistemas de información médica. La posibilidad de acceder a historiales médicos completos y la capacidad de realizar un seguimiento de los patrones de salud a lo largo del tiempo son aspectos esenciales.

Aunque estos tres grupos representan los usuarios principales, el marco propuesto es flexible y permite la incorporación de otros tipos de usuarios en función de las necesidades específicas del sistema y el contexto en el que se implemente. Esta flexibilidad es vital para adaptarse a diferentes escenarios y garantizar que el sistema sea útil en una variedad de entornos.

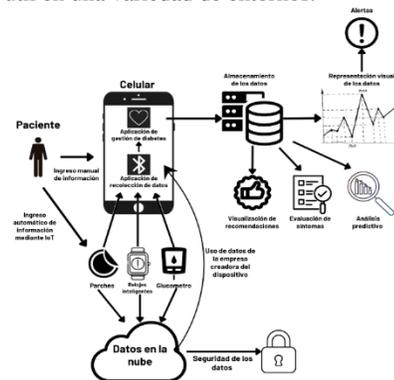


Figura 2. Diagrama de recolección de datos

### 2.2 Métodos de ingreso de datos

La manera en que los usuarios ingresan información al sistema se divide en dos métodos principales: manual y automatizado, cada uno con ventajas y desafíos.

El ingreso manual implica que los usuarios introduzcan directamente sus datos médicos a través de formularios, como niveles de glucosa, presión arterial o peso. Su ventaja es el control total sobre la información, asegurando precisión. No obstante, puede ser tedioso y propenso a errores, como omisiones o datos incorrectos.

El ingreso automatizado permite que los dispositivos médicos transmitan los datos al sistema, reduciendo la carga y los errores humanos. Sin embargo, enfrenta desafíos de interoperabilidad, ya que muchos dispositivos utilizan sistemas propios y privados, lo que limita el acceso y plantea problemas de privacidad.

Para superar estos desafíos, se ha propuesto el uso de aplicaciones de terceros, como "Nightscout" [5]. Estas aplicaciones permiten recuperar la información de los dispositivos médicos sin la necesidad de solicitar acceso directo a los repositorios de datos o historiales médicos de los pacientes. Esto facilita la integración de datos en el sistema de gestión de la diabetes, asegurando que los usuarios puedan beneficiarse de una visión integral de su salud sin comprometer su privacidad.

### 2.3 Almacenamiento de datos

El almacenamiento de datos es otro aspecto fundamental del diseño de sistemas de gestión de la diabetes. Una vez que la información ha sido recolectada, es crucial almacenarla de manera que sea accesible y segura, permitiendo su utilización para el análisis y la generación de recomendaciones.

Existen dos opciones principales para el almacenamiento de datos: localmente en los dispositivos del usuario o en la nube. El almacenamiento local ofrece un mayor control sobre los datos y reduce la dependencia de conexiones a internet. Sin embargo, también limita la accesibilidad de la información desde múltiples dispositivos. Por otro lado, el almacenamiento en la nube proporciona una solución más flexible y escalable, permitiendo que los usuarios accedan a sus datos desde cualquier lugar y dispositivo. Esta opción es particularmente útil para usuarios que utilizan múltiples dispositivos o que necesitan compartir información con sus médicos o cuidadores.

El almacenamiento en la nube también permite la implementación de sistemas de gestión de sesiones, que aseguran que los datos se muestren correctamente al usuario adecuado. Esto es esencial para mantener la privacidad y seguridad de la información, especialmente cuando se trata de datos médicos sensibles. No obstante, el almacenamiento en la nube presenta desafíos en términos de seguridad, ya que los datos deben ser protegidos contra accesos no autorizados y posibles vulnerabilidades.

### 2.4 Análisis de datos y generación de recomendaciones

El almacenamiento de datos es un medio para generar información útil y accionable. La capacidad de analizar grandes volúmenes de datos y extraer patrones es una de las principales ventajas de los sistemas de gestión de la diabetes. Este análisis permite identificar tendencias en la salud del paciente, lo que a su vez facilita la generación de recomendaciones personalizadas.

A medida que se recopilan más datos, el sistema puede comenzar a identificar patrones en la salud del paciente. Por ejemplo, podría detectar que ciertos niveles de glucosa tienden a elevarse en determinadas circunstancias, como después de comidas específicas o durante periodos de estrés. Al identificar estos patrones, el sistema puede ofrecer recomendaciones que ayuden al paciente a manejar mejor su condición, como ajustar su dieta,

aumentar la actividad física o consultar a su médico en caso de que se detecten anomalías preocupantes.

Es importante mencionar que las recomendaciones generadas por el sistema deben ser claras y accionables. Esto incluye no solo sugerencias para el manejo diario de la enfermedad, sino también alertas sobre situaciones que requieren atención médica inmediata. Por ejemplo, si el sistema detecta un nivel peligrosamente bajo de glucosa, podría alertar al paciente para que tome las medidas necesarias para corregir la situación. Estas alertas pueden presentarse de diversas formas, desde notificaciones en la pantalla hasta mensajes de texto o correos electrónicos.

### 2.5 Visualización de datos

Una vez que los datos han sido recopilados, almacenados y analizados, es esencial que se presenten al usuario de una manera clara y comprensible. La visualización de datos es un componente clave de los sistemas de gestión de la diabetes, ya que permite a los usuarios interpretar su información de salud de manera rápida y efectiva.

Los gráficos y tablas son herramientas poderosas para la visualización de datos. Deben diseñarse de manera que cualquier usuario, independientemente de su nivel de conocimientos técnicos o médicos, pueda comprender su situación de salud actual. Esto incluye, por ejemplo, el uso de gráficos de líneas para mostrar tendencias en los niveles de glucosa a lo largo del tiempo, gráficos de barras para comparar diferentes métricas, y tablas que resuman la información clave en un formato fácil de leer.

Además de los gráficos y tablas, es importante utilizar indicadores visuales que alerten al usuario sobre situaciones que requieren atención inmediata. Por ejemplo, un ícono rojo podría indicar un nivel de glucosa peligroso, mientras que un mensaje de alerta podría sugerir la necesidad de consultar al médico. Estos indicadores deben ser lo suficientemente visibles y comprensibles para que el usuario pueda tomar decisiones informadas sin necesidad de consultar a un profesional de la salud en cada ocasión.

### 2.6 Prototipo de propuesta

A partir de la Figura 2, se desarrolló un primer prototipo de las interfaces, diseñadas para cumplir con las características necesarias.



Figura 4. Detalle de signo vital

La primera sección corresponde a la visualización de gráficos que representan los signos vitales del paciente en el momento de la consulta. Entre los signos vitales más relevantes se encuentran la insulina, el ejercicio y la dieta, como se muestra en la Figura 3. Los gráficos deben ser intuitivos y de fácil comprensión, mostrando rápidamente la situación del paciente mediante indicadores visibles para personas que, debido a la enfermedad, podrían tener problemas

de visión, o para usuarios jóvenes que aún no comprenden plenamente su condición. Para facilitar la interpretación, el prototipo emplea texto grande y colores representativos.



Figura 4. Detalle de signo vital

La segunda sección está enfocada en el detalle de los datos proporcionados al paciente, como se ilustra en la Figura 4. Esta sección incluye una gráfica de líneas que permite identificar patrones y tendencias en un lapso determinado, así como información adicional que facilita la comprensión del estado promedio del signo vital en cuestión, permitiendo al usuario llevar a cabo un autocuidado más eficiente.



Figura 5. Gestión de dispositivos

La tercera sección corresponde a la gestión de los dispositivos IoT, como se muestra en la Figura 5. Aquí, los usuarios pueden agregar dispositivos a través de una vista que les permite identificar las conexiones activas y el origen de la información.

### 3 Conclusiones y trabajo futuro

La visualización de datos en la gestión de la diabetes permite una representación clara e intuitiva de la información, lo que facilita a pacientes y profesionales de la salud interpretar de manera más

eficiente los datos relacionados con la enfermedad. La habilidad de identificar patrones y tendencias mediante gráficos y tablas no solo empodera a los pacientes en la autogestión de su salud, sino que también apoya a los médicos en la toma de decisiones informadas y personalizadas.

El marco propuesto en este estudio se centra en el desarrollo de sistemas de gestión de la diabetes que integren tanto aspectos técnicos como de usabilidad, asegurando que las interfaces sean accesibles y eficaces para todos los usuarios, independientemente de su nivel de competencia tecnológica. Este enfoque integral es clave para mejorar la calidad de vida de las personas con diabetes, permitiéndoles tomar decisiones informadas sobre su salud.

Existen diversas áreas de investigación futura que podrían enriquecer aún más el campo de la visualización de datos y la interacción humano-computadora. Es crucial continuar explorando cómo estas herramientas pueden adaptarse y evolucionar para satisfacer las necesidades cambiantes de pacientes y profesionales de la salud. Además, se destaca la importancia de abordar los retos relacionados con la seguridad y privacidad de los datos. La implementación de medidas robustas para proteger la información sensible de los pacientes es fundamental para generar confianza en el uso de tecnologías de gestión de la salud.

### 4 Referencias

- [1] A. R. Kalia, A. Pavshe, D. Shah, and S. Pansambal, "Data visualization and pre-processing techniques-based diabetes prediction system," in 2021 Second International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC), 2021, pp. 1638–1645.
- [2] International Diabetes Federation, IDF Diabetes Atlas, 10th edn., Brussels, Belgium, 2021.
- [3] J. C. Wong, A. B. Neinstein, H. Look, B. Arbiter, N. Chokr, C. Ross, and S. Adi, "Pilot study of a novel application for data visualization in type 1 diabetes," *Journal of Diabetes Science and Technology*, vol. 11, no. 4, pp. 800–807, 2017, PMID: 28617628.
- [4] J. Koponen, *Data visualization handbook*, 1st ed., ser. Aalto University Publication Series. Art, Design and Architecture ; 1. Espoo: Aalto Arts Books, 2019.
- [5] Nightscout. (2024). Nightscout documentation. <https://nightscout.github.io/>
- [6] R. Arriaga, EAI for Innovation. A, and Association for Computing Machinery, "Proceedings of the 14th eai international conference on pervasive computing technologies for healthcare: Pervasivehealth 2020," 2020, 6-8 October 2020.
- [7] Y. Zhang, K. Chanana, and C. Dunne, "Idmvis: Temporal event sequence visualization for type 1 diabetes treatment decision support," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 25, no. 1, pp. 512–522, 2018.



© 2024 by the authors. This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.