



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA
18 al 21 de septiembre de 2018**



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO EN TIEMPO REAL PARA APOYAR LA GESTIÓN DE LA DIABETES Y SUS COMPLICACIONES

Maira García Jaramillo, Natalia Peñaranda, Daniela Pinzón

**Universidad EAN
Bogotá, Colombia**

Resumen

La monitorización continua de glucosa permite a pacientes con diabetes llevar un mejor control de la enfermedad. En este trabajo se presentan los primeros avances de investigación relacionados con el funcionamiento de un nuevo sistema de monitorización remota de glucosa llamado Nightscout, el cual promete ser de utilidad a la comunidad de pacientes con diabetes en Colombia. Se presentan los antecedentes de esta tecnología, los pasos para su implementación con un nuevo sistema de medición de glucosa llamado FreeStyle Libre, y consideraciones especiales acerca de su uso como alternativa a los sistemas de monitoreo continuo de glucosa en tiempo real.

Palabras clave: Nightscout; diabetes; monitorización de glucosa

Abstract

Continuous glucose monitoring allows patients with diabetes to better control their disease. This paper presents the first research advances related to the operation of a new system of remote glucose monitoring called Nightscout, which promises to be useful to the community of patients with diabetes in Colombia. We present the background of this technology, the steps for its implementation with a new glucose measurement system called FreeStyle Libre, and special considerations about its use as an alternative to continuous glucose monitoring systems in real time.

Keywords: Nightscout; diabetes; glucose monitoring

1. Introducción

La diabetes es una enfermedad crónica que ha ganado globalmente atención en los últimos años, por ser una de las principales causas de muerte a temprana edad, debido a la severidad de sus complicaciones; tales como retinopatía, nefropatía, neuropatía, enfermedades cardiovasculares, coronarias. El estudio más reciente de la Federación Internacional de Diabetes (IDF) estima que actualmente hay 425 millones de adultos entre 20-79 años con diabetes en el mundo; informa que en el 2017, en este mismo rango de edad, se presentaron 4 millones de muertes a causa de esta enfermedad y los gastos sanitarios fueron de 727 millones de dólares con una estimación de aumento a 776 millones en el 2045, finalmente advierten que si no se detiene este aumento, para el año 2045 se calcula que habrá 628,6 millones viviendo con la enfermedad. La prevalencia de esta enfermedad en la población colombiana tiene un drástico aumento debido a los problemas nutricionales y la falta de actividad física. El tratamiento de la enfermedad incluye el uso de fármacos orales, seguimiento de los niveles de glucosa, dieta y en algunos casos terapias intensivas de insulina.

En las últimas décadas gracias al uso de la tecnología la efectividad en el tratamiento ha mejorado, por ejemplo, se han desarrollado dispositivos que permiten medir, con alto porcentaje de precisión, los niveles de glucosa en la sangre; permitiendo que el paciente y el personal médico pueda tomar decisiones más acertadas con relación al tratamiento. Así mismo, se ha hecho un esfuerzo significativo por desarrollar sistemas que utilizando la información de los dispositivos médicos apoyen la gestión de la enfermedad, algunos de ellos comerciales y otros gratuitos. Las herramientas más populares funcionan como una agenda electrónica, donde el paciente puede introducir información sobre sus niveles de glucosa, horarios, comidas y ejercicio, permitiéndole generar informes, gráficas y estadísticas, que pueden ser utilizadas tanto por el paciente como por el personal médico. Algunos de los programas más populares que le permiten al paciente llevar un registro electrónico de sus medidas de glucosa e ingestas son: SiDiary, GlucoGestor, Diabetes Level Monitoring, Diabetes Pilot, Glucosa Controls. En adición a estas funcionalidades, existen actualmente aplicaciones que permiten descargar los valores de los dispositivos de medición de glucosa. Algunas de estas aplicaciones son: MenaDiab, DiabetesWorksTM, Best 4 y DiabetEASE. Información on-line más detallada sobre las diferentes herramientas para la administración de la diabetes puede encontrarse en [Mendoza web]. Esta información se encuentra clasificada de acuerdo a su uso, plataforma y comercialización.

Los sistemas de telemedicina a través de los sistemas web y de telefonía móvil han tenido gran auge en los últimos años, debido a su accesibilidad tanto tecnológica como geográfica, ya que el paciente puede obtener una retroalimentación por parte del personal clínico (Fiordelli 2013, Ernsting et al. 2017, Kleinman 2017). Este tipo de herramientas motivan a los usuarios a interactuar con la aplicación y a introducir los datos que estas requieran. Algunas de las aplicaciones móviles más populares para el control de la diabetes son: OneTouch Reveal, OnTrack Diabetes, Glucool, Glooko y Glucose Buddy, Diabetic Audio Recipes Lite, Diabetes Buddy, dbees.com, Diabetes Pilot, Wave Sense Diabetes Manager, iBGStar® Diabetes Manager, Calorie Counter PRO MyNetDiary. Existe incluso una aplicación que utiliza para tal fin las redes sociales llamada Diabetic Connect. Sin embargo, la mayoría de estas aplicaciones no se basa en una investigación bien fundamentada, no hacen uso de los dispositivos de monitorización continua de glucosa (MCG), ni

permiten realizar un seguimiento en tiempo real de los niveles de glucosa del paciente para conseguir mayor precisión en la información y en las recomendaciones dadas al usuario.

Una de las aplicaciones que ha pretendido abordar este problema es el Nightscout. Nightscout surge como un proyecto sin ánimo de lucro realizado por un grupo de padres de niños diagnosticados con diabetes tipo 1 en Estados Unidos, con el fin de obtener una monitorización remota de los niveles de glucosa. Nightscout es de código abierto y ofrece la posibilidad de conectarse con diferentes dispositivos de monitorización, lo que permite conocer en tiempo real las medidas de glucosa del usuario mediante un sitio web personal, teléfonos inteligentes, tablets y ordenadores (Beckman et al 2016, Lee et al. 2016). Hasta la fecha este sistema no ha sido usado en Colombia y su implementación y adaptación a la población colombiana podría ser un gran aporte para mejorar la gestión de la enfermedad tal como está ocurriendo en algunos países (Bonfanti, 2017). Es importante señalar que la diabetes tipo 1 en la mayoría de los casos es diagnosticada a una edad temprana, siendo los padres o cuidadores los encargados de realizar el respectivo control de la enfermedad.

El objetivo de este trabajo es explorar el uso del Nightscout y su conexión con un dispositivo de medición de niveles de glucosa, tal que esta información pueda ser visualizada en tiempo real por pacientes con diabetes (tanto tipo 1 como tipo 2), cuidadores (en caso que sea requerido) y el personal clínico. Se analiza cómo la implementación de este sistema permite obtener de forma continua la información desde un medidor de glucosa sin esta característica. Este trabajo surge como una iniciativa al interior de un semillero adscrito al grupo de investigación ONTARE de la Universidad EAN.

2. Antecedentes

En los últimos años ha aumentado considerablemente los esfuerzos en el desarrollo de dispositivos que realicen medición continua de los niveles de glucosa, mejorando la precisión en los datos y la forma en que estos pueden ser visualizado. Estos sistemas, formados por un sensor electroquímico subcutáneo, un transmisor y un monitor externo, ofrecen una estimación de la concentración de glucosa en sangre a partir de mediciones en el fluido intersticial. El desarrollo de estos dispositivos permite mejorar el control glucémico de los pacientes con diabetes (Rodbard 2016, Lind et al. 2017) y por tanto su calidad de vida. Las medidas arrojadas por los MCG son usadas por los pacientes para realizar ajustes a su terapia y por el personal clínico para analizar la evolución del tratamiento. Adicionalmente los MCG son protagonistas en el desarrollo del páncreas artificial, un sistema de control automático de glucosa en lazo cerrado, el principal reto para este desarrollo es que los fabricantes de los MCG cierran los protocolos de comunicación de los dispositivos lo cual no permite acceder a los datos en tiempo real desde cualquier sistema, para acceder a los datos es necesario descargarlos haciendo uso de aplicaciones propias de los MCG.

Para afrontar este reto, Nightscout (proyecto de código abierto) pone a disposición de cualquier persona interesada una aplicación que permite extraer información, de forma remota, de una gran variedad de monitores de glucosa, para que pueda ser visualizada en cualquier dispositivo móvil.

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO EN TIEMPO REAL PARA APOYAR LA GESTIÓN DE LA DIABETES Y SUS COMPLICACIONES

En la Figura 1 se presentan los monitores continuos de glucosa y los sistemas operativos con los que puede funcionar el sistema Nightscout.

En este proyecto se utilizará el dispositivo FreeStyle Libre para tomar las medidas de glucosa. FreeStyle Libre es un sistema flash de monitorización de glucosa producido por Abbott, cuenta con un sensor que toma medidas de glucosa intersticial durante 14 días consecutivos, y un lector que escanea la medida al pasarlo por el sensor (ver Figura 2).



Figura 1. Esquema de operación del Nightscout ()



Figura 2. FreeStyle Libre

FreeStyle Libre ha sido seleccionado por su facilidad de uso, disponibilidad en el mercado y precio. El lector y sensor puede ser adquirido en farmacias y tiendas online por 194.000 pesos colombianos cada uno.

3. Metodología

Con el objeto de explorar la conectividad entre Nightscout y FreeStyle Libre se plantea una metodología enfocada en cuatro fases, la cual cuenta con la asesoría de personal científico con amplia experiencia en el desarrollo de sistemas para pacientes con diabetes y personal clínico (García-Jaramillo et al. 2015). La Figura 3 muestra la metodología utilizada en este trabajo.

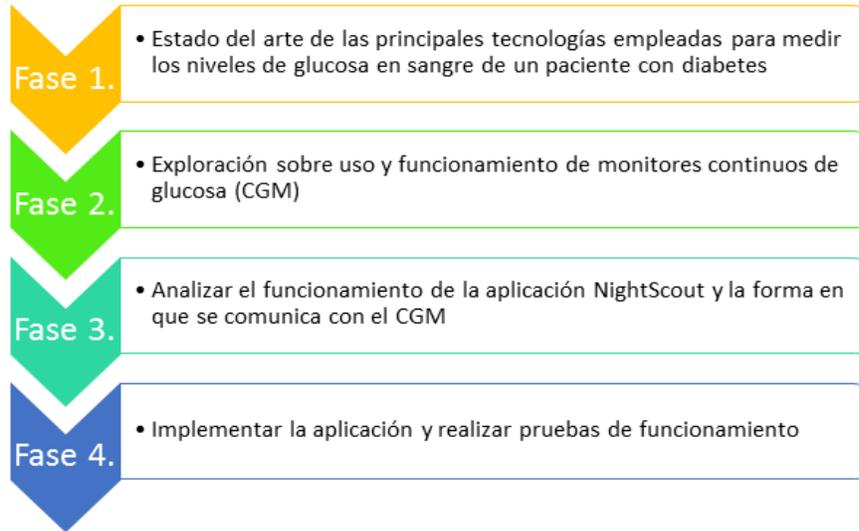


Figura 3. Metodología

En la Figura 4 se muestra el funcionamiento del sistema analizado, el usuario (1) debe contar con un dispositivo de monitorización (2) que mida cada cierto intervalo de tiempo sus niveles de glucosa; el sistema captura a través de un receptor (3) en tiempo real los datos relacionados con la medida de glucosa y el instante de medición, los datos son enviados a un servidor en la nube (4) y pueden ser accedidos por los pacientes, personal médico o cuidadores a través de diferentes dispositivos móviles (5).

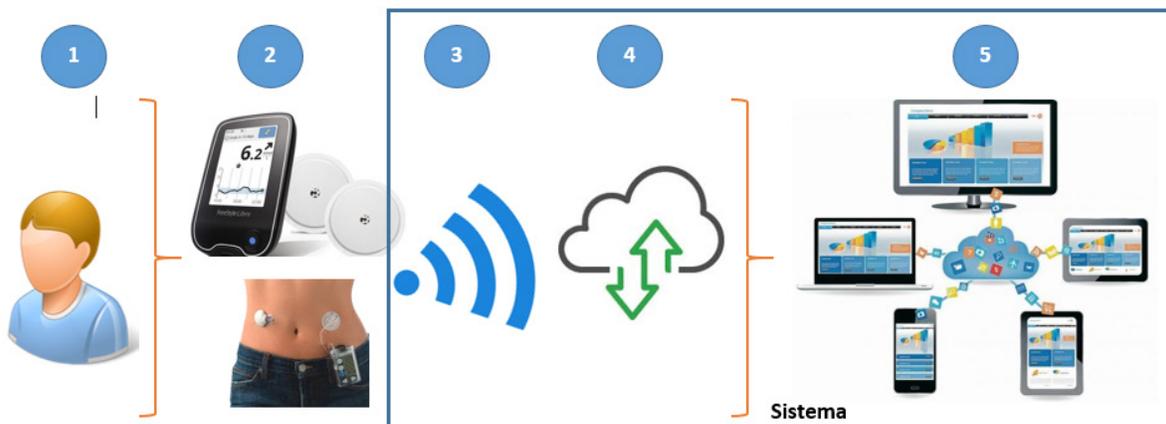


Figura 4. Sistema propuesto

4. Resultados

Se ha realizado un análisis de diferentes implementaciones de Nightscout con el medidor FreeStyle Libre. A diferencia de los monitores continuos de glucosa (MCG), el FreeStyle Libre no proporciona valores de glucosa continuamente; en su lugar, es necesario escanear la medida manualmente con el lector. Sin embargo, existe la posibilidad de usar dispositivos con conectividad Bluetooth que permiten obtener la medida de forma continua. El proceso de conectividad entre el FreeStyle Libre y el Nightscout incluye cinco pasos.

El primer paso consiste en la instalación del sensor FreeStyle Libre en el brazo del usuario (ver Figura 2). La duración del sensor es de 14 días y requiere un dispositivo lector a través del cual se adquieren las medidas de glucosa de forma manual cada vez que éste se aproxima al sensor. El segundo paso incorpora el uso de un dispositivo que permite la transmisión de los datos del sensor a la aplicación de forma continua, es decir, utilizar el FreeStyle Libre de forma similar a un MCG. Los dos dispositivos con conectividad Bluetooth más usados para obtener medidas de glucosa cada 5 minutos son el Blucon y el Miao Miao. El primero es elaborado por la empresa Ambrosia Systems, se instala sobre el sensor, es impermeable y requiere una batería reemplazable; el segundo por su parte, es un poco más pequeño que el primero, se sitúa junto al sensor, permite inmersiones cortas en el agua, y su batería es recargable. El tercer paso consiste en la recepción de los datos en un dispositivo móvil a través de la aplicación Xdrip, la cual convierte al dispositivo móvil en un receptor. Algunos modelos de Smartwatch cuentan por defecto con esta aplicación. El cuarto paso permite compartir los datos con otros dispositivos para su visualización remota. Para ello es necesario la instalación de una plataforma de servicio de computación en la nube como Heroku o Azure en la cual se ejecuta el sistema Nightscout. El último paso incorpora la aplicación Nightwatch, a través de la cual se visualizan los datos recibidos por el sistema Nightscout y con la cual se pueden establecer alarmas o avisos por el usuario.

En la Figura 5 se pueden ver diversas implementaciones del Nightscout ya sea a través de la página web, Smartwach y un Smartphoe con sistema operativo Android.

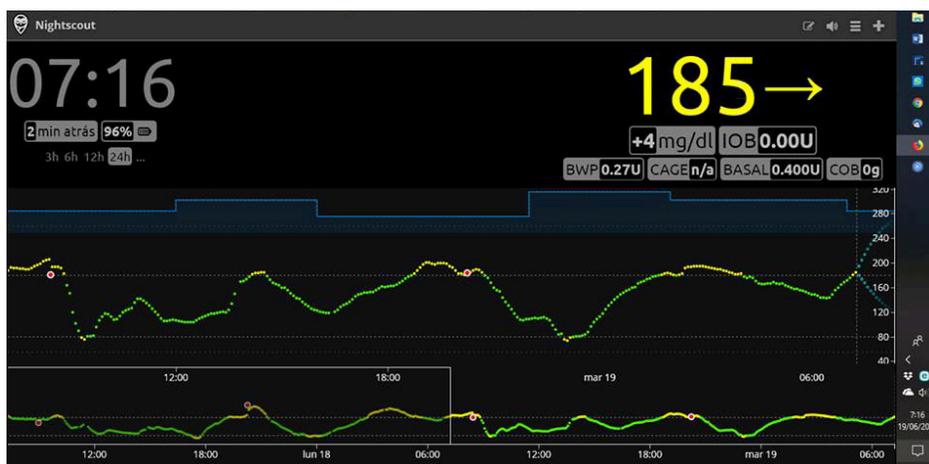




Figura 5. Implementaciones de Nightscout en diversos dispositivos

5. Conclusiones

Siguiendo los pasos indicados en la Figura 5 es posible implementar exitosamente un sistema de monitoreo de glucosa continuo y en tiempo real a partir del sensor FreeStyle Libre. Si bien todas las aplicaciones y servicios mencionados son de acceso gratuito, en el caso del servidor Azure se debe tener en cuenta que su capacidad de almacenamiento gratuito es limitada.

El resultado de este trabajo, que está enfocado a la población que padece diabetes (tipo 1 y tipo 2), puede ser usado como herramienta de supervisión para padres de niños con diabetes tipo 1, y brindar un mayor control de posibles episodios de hipo e hiperglucemia para evitar riesgos mayores. Adicionalmente, la discreción que ofrece a un adulto que padece la enfermedad es realmente útil, ya que el hecho de tener una herramienta que genere informes en tiempo real sobre el estado del paciente a través de, por ejemplo, un teléfono móvil, resulta mucho más prudente que estar manipulando receptores o bombas de insulina para poder acceder a estos mismos datos lo cual podría generar una mayor adherencia al tratamiento. Finalmente, a nivel clínico y científico, permite al personal médico acceder a los datos del paciente sin que este tenga que asistir a su consultorio, esta información puede ser usada por sistemas que ayuden en la toma de decisiones.

6. Referencias

- Beckman, D et al (2016). "Better glucose regulation through enabling groupbased motivational mechanisms in cloud-based solutions like Nightscout". *International Journal of Integrated Care*, 16(5):S4.
- R Bonfanti, G Frontino, A Rigamonti, C Bonura, V Favalli (2016) "NightScout experience in italian children with type 1 diabetes", *Diabetes Technology and Therapeutics* 18, A6-A6.
- Ernsting, C., Dombrowski, S. U., Oedekoven, M., O'Sullivan, J. L., Kanzler, M., Kuhlmeier, A., & Gellert, P. (2017). Using Smartphones and Health Apps to Change and Manage Health Behaviors: A Population-Based Survey. *Journal of Medical Internet Research*, 19(4), e101. <http://doi.org/10.2196/jmir.6838>

- García-Jaramillo M, Delgado JS, León-Vargas F (2015) Mobile application to induce lifestyle modifications in type 2 diabetic patients: prototype based on international guidelines. SPIE 9681, 11th International Symposium on Medical Information Processing and Analysis, 96810E
- M. Fiordelli, N. Diviani, P.J. Schulz. (2013) Mapping mHealth Research: A Decade of Evolution. J Med Internet Res. Volume 15(15), pp e95.
- Kleinman Nora J., Shah Avani, Shah Sanjiv, Phatak Sanjeev, and Viswanathan Vijay (2017) Telemedicine and e-Health. Volume: 23 Issue 9:
- Lee JM, Hirschfeld E, Wedding J. (2016) A Patient-Designed Do-It-Yourself Mobile Technology System for Diabetes Promise and Challenges for a New Era in Medicine. JAMA. 315(14):1447–1448.
- Lind M, Polonsky W, Hirsch IB, et al. Continuous Glucose Monitoring vs Conventional Therapy for Glycemic Control in Adults With Type 1 Diabetes Treated With Multiple Daily Insulin Injections The GOLD Randomized Clinical Trial. JAMA. 2017;317(4):379–387.
- Mendosa, David (1995). Mendosa.com Helping Defeat Diabetes. Consultado el 24 de abril de 2018 en <http://www.mendosa.com/software.htm>
- Rodbard David (2016) Continuous Glucose Monitoring: A Review of Successes, Challenges, and Opportunities. Diabetes Technology & Therapeutics Vol. 18, No. S2

Sobre los autores

- **Maira García Jaramillo:** Ingeniera de Sistemas, Doctor en Tecnología de la Universidad de Girona (España). Profesor Titular, Universidad EAN. magarcia@universidadean.edu.co
- **Natalia Peñaranda:** Estudiante cuarto semestre de Ingeniería de Sistemas de la Universidad EAN. cpenara79809@universidadean.edu.co
- **Daniela Pinzón:** Estudiante cuarto semestre de Ingeniería de Sistemas de la Universidad EAN. lpinzon26136@universidadean.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)