

# Estimación de Riesgos en un Esquema de Monitoreo Remoto de Pacientes con Diabetes

Víctor Morales-Rocha, Jorge Romero Romero, Luis Felipe Fernández Martínez.

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ingeniería y Tecnología.  
Av. Del Charro 450 Nte. Cd. Juárez, Chih.  
victor.morales@uacj.mx; al76860@alumnos.uacj.mx; lfernand@uacj.mx  
(*Paper received on August 10, 2012, accepted on August 24, 2012*)

**Resumen.** La diabetes es una de las enfermedades que causa más muertes en México y el mundo. Un paciente con diabetes usualmente no requiere una hospitalización constante, sin embargo es importante que el personal médico esté al tanto de su salud de forma constante y periódica. En el presente trabajo se propone un esquema de monitoreo remoto de pacientes con diabetes y se muestran los resultados del proceso de estimación de riesgos que se llevó a cabo a fin de diseñar mecanismos que permitan desarrollar y utilizar las aplicaciones de una manera segura.

**Palabras clave:** Telemedicina; monitoreo remoto; diabetes; seguridad; estimación de riesgos.

## 1. Introducción

De acuerdo a un reporte de la Organización Mundial de la Salud emitido en Agosto de 2011 [1], existen 346 millones de personas con diabetes en todo el mundo. Dicho informe también estima que las muertes por diabetes se incrementarán drásticamente entre 2005 y 2030. Estos datos alarmantes han llevado en los últimos años a una gran inversión en investigación y desarrollo orientados en el cuidado de los pacientes con diabetes. Recientemente se han propuesto diversos trabajos en el área de la Telemedicina enfocados en el cuidado de estos pacientes, véase por ejemplo [2] y [3].

En este trabajo se presentan los avances de un esquema de monitoreo remoto de pacientes con diabetes en el que se ha considerado prioritario tener en cuenta los riesgos a los que está expuesta la información clínica.

En la sección 2 se describen brevemente los principales cuidados en los pacientes con diabetes. La sección 3 presenta el proyecto que se está llevando a cabo así como la metodología empleada. En la sección 4 se describe brevemente el proceso de estimación de riesgos y los resultados obtenidos. La sección 5 destaca las principales conclusiones y describe el trabajo que falta para finalizar el esquema propuesto.

## **2. Control de pacientes con diabetes**

A un paciente con diabetes se le suele realizar controles médicos una vez al mes, en donde el médico valora su evolución en comparación con el mes anterior y decide si el tratamiento debe continuar igual o si se deben realizar cambios. El médico, sin embargo, no conoce lo que sucedió con el paciente entre una consulta y otra. Por otro lado, un control de glucosa deficiente o un tratamiento inadecuado puede tener consecuencias fatales para el paciente. La hiperglucemia (alto contenido de glucosa en la sangre) y la hipoglucemia (contenido de glucosa en la sangre por debajo de lo normal) son consecuencias severas que pueden atentar contra la vida del paciente [4]. Actualmente existen diversos dispositivos que permiten llevar al paciente un auto-monitoreo de su nivel de glucosa. Estos dispositivos son conocidos como glucómetros. Estas soluciones de auto-monitoreo pueden presentar algunos inconvenientes. Por ejemplo, si una medición de glucosa muestra un valor fuera de rango, el paciente podría decidir alterar su dosis de insulina o medicamento, lo que podría tener malas consecuencias si se hace de manera inapropiada. Un monitoreo constante, por parte del personal médico, de los niveles de glucosa del paciente puede dar información valiosa y por lo tanto indicar el tratamiento más adecuado.

## **3. Esquema de monitoreo remoto**

En el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez se está llevando a cabo un proyecto de Investigación y Desarrollo que tiene como objetivo proveer herramientas para un monitoreo remoto eficiente de pacientes con diabetes.

La metodología dispuesta para este proyecto ha sido la siguiente:

- Análisis de requisitos. Principalmente a través de entrevistas con personal médico y de enfermería, así como pacientes con diabetes y familiares.
- Diseño de la arquitectura. De acuerdo a los requisitos y necesidades derivadas del objetivo general, se determinan los componentes del esquema así como las tecnologías a utilizar.
- Estimación de riesgos. Considerada una fase crítica dentro del desarrollo del proyecto debido a que la información clínica es altamente sensible. Su propósito es calcular los riesgos posibles de acuerdo a los requisitos definidos y a la posible arquitectura del esquema.
- Diseño de controles y mecanismos de seguridad. Como resultado del proceso de estimación de riesgos se deberán diseñar los controles adecuados para mantener la información segura.
- Desarrollo de aplicaciones. Habiendo definido los requisitos, arquitectura y controles a utilizar, se desarrollarán las aplicaciones para cada entorno del esquema.
- Pruebas integrales. Se llevarán a cabo las pruebas de calidad de las aplicaciones, primeramente en un entorno simulado y finalmente en un entorno real.

Como resultado de las primeras dos fases se definieron los componentes mostrados en la figura 1 y descritos a continuación:

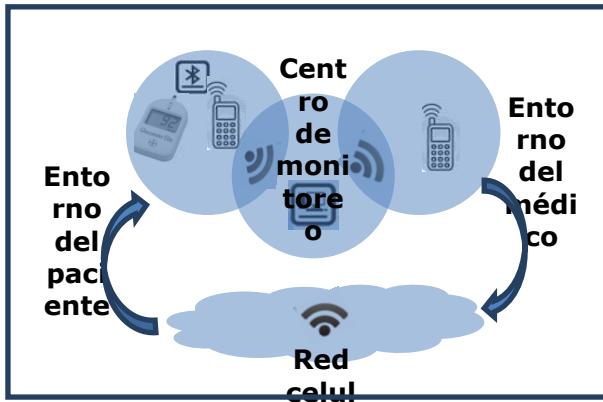


Fig. 1. Componentes del esquema de monitoreo remoto

- Entorno del paciente. El paciente o un familiar lleva a cabo las tareas de registro desde su propio hogar o en cualquier otro lugar en que se encuentre. El paciente cuenta con un glucómetro comercial con capacidad para transmitir información vía bluetooth. La medición de glucosa que se realiza con el glucómetro se transmite a un teléfono móvil en donde reside una aplicación nativa que recibe la información y la retransmite a través de una red celular a una base de datos. La aplicación también tiene la capacidad de recibir información del centro de monitoreo o del propio médico a cargo.
- Centro de monitoreo. El centro de monitoreo visualiza los registros de los pacientes a través de una aplicación Web. Se muestra una lista de los pacientes y sus mediciones más recientes, así como alertas en caso de mediciones consideradas fuera del rango normal.
- Entorno del médico. Consiste de aplicaciones móviles para diferentes plataformas (iOS, BB OS, Android) para uso de los médicos que tienen a cargo pacientes con diabetes. A través de la aplicación, el médico puede consultar los registros del nivel de glucosa de sus pacientes. El médico además recibe alertas de las mediciones fuera de rango y puede enviar mensajes de recomendación a los pacientes.

#### 4. Estimación de riesgos

El esquema propuesto debe cumplir con altos controles de seguridad debido a la criticidad de la información clínica [5]. Si la información enviada desde el entorno del paciente es manipulada, ya sea en su transmisión o durante su almacenamiento, se puede propiciar una prescripción o recomendación médica inadecuada para el paciente, pudiendo afectar gravemente su salud. Lo mismo sucedería si la información o recomendaciones que envía el médico son manipuladas. Para determinar los controles a implementar, se debe realizar primeramente un proceso de estimación de

riesgos. Para llevarlo a cabo se utilizó la metodología propuesta por el NIST, descrita en el documento SP 800-30 [6]. Se eligió esta metodología debido a su enfoque particular en sistemas de información, además de que considera el análisis de riesgos para sistemas en sus fases tempranas, como el análisis de requisitos. Esta metodología se resume en los siguientes pasos:

1. Caracterización del sistema
2. Identificación de amenazas
3. Identificación de vulnerabilidades
4. Análisis de controles
5. Estimación de probabilidad
6. Análisis de impacto
7. Determinación de riesgos
8. Recomendaciones de control
9. Documentación

El proceso se realizó por separado para cada uno de los entornos que componen el esquema, de esta manera se pudieron identificar los riesgos específicos a cada entorno. Los resultados más relevantes se muestran a continuación.

En el entorno del paciente asumimos además que el glucómetro utilizado ha sido probado para fines comerciales y por lo tanto realiza las mediciones correctamente. Como se puede observar en la tabla 1, el mayor riesgo en el entorno del paciente se presenta con un intruso interno (alguien con libre acceso a los dispositivos) que puede acceder a la aplicación con el fin de realizar algún daño.

**Tabla 1.** Resultados de la estimación de riesgos en el entorno del paciente

| Fuente amenaza     | Acción                                   | Motivación                            | Vulnerabilidad                  | Riesgo | Probabilidad | Impacto | Nivel de riesgo |
|--------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------|--------|--------------|---------|-----------------|
| Intruso externo    | Interceptar y manipular valor de glucosa | Diversión                             | Red celular insegura            | Si     | Media        | Alto    | Medio           |
|                    | Robar teléfono                           | Económica                             | Descuido del paciente           | Si     | Media        | Bajo    | Bajo            |
| Intruso interno    | Acceder a la aplicación                  | Causar daño/eliminar o manipular inf. | Débil o nulo control de usuario | Si     | Alta         | Alto    | Alto            |
|                    | Dañar teléfono                           | Causar daño                           | Material sensible               | Si     | Alta         | Medio   | Medio           |
| Paciente o usuario | Extravío                                 | Ninguna                               | Usuario distraído               | Si     | Media        | Bajo    | Bajo            |

En la tabla 2 se muestran los riesgos asociados al entorno del médico, y como se puede apreciar, se presentan riesgos muy similares a los del entorno del paciente.

En la tabla 3 se presentan los resultados de la estimación de riesgos en el centro de monitoreo. Dentro de este entorno se consideró la aplicación Web, la base de datos

que concentra la información de todas las aplicaciones así como la infraestructura física y de telecomunicaciones.

**Tabla 2.** Resultados de la estimación de riesgos en el entorno del médico

| Fuente amenaza  | Acción                  | Motivación                            | Vulnerabilidad                                | Riesgo | Probabilidad | Impacto | Nivel de riesgo |
|-----------------|-------------------------|---------------------------------------|---|--------|--------------|---------|-----------------|
| Intruso externo | Interceptar mensaje     | Diversión/ causar daño                | Red celular insegura                          | Si     | Media        | Alto    | Medio           |
|                 | Robar teléfono          | Económica                             | Descuido del médico                           | Si     | Media        | Bajo    | Bajo            |
| Intruso interno | Acceder a la aplicación | Causar daño/eliminar o manipular inf. | Débil o nulo control de usuario               | Si     | Alta         | Alto    | Alto            |
|                 | Dañar teléfono          | Causar daño                           | Material sensible                             | Si     | Alta         | Medio   | Medio           |
| Usuario         | Extravío                | Ninguna                               | Usuario distraído                             | Si     | Media        | Bajo    | Bajo            |
|                 | Mensaje erróneo         | Ninguna                               | Descuido del médico / aplicación mal diseñada | Si     | Media        | Alto    | Medio           |

**Tabla 3.** Resultados de la estimación de riesgos en el entorno del centro de monitoreo

| Fuente amenaza  | Acción                         | Motivación                        | Vulnerabilidad                  | Riesgo | Probabilidad | Impacto | Nivel de riesgo |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------|--------------|---------|-----------------|
| Intruso externo | Eliminar o manipular registros | Diversión/ causar daño/ económica | Controles de acceso inadecuados | Si     | Media        | Alto    | Medio           |
| Intruso interno | Eliminar o manipular registros | Causar daño/ económica            | Controles de acceso inadecuados | Si     | Alta         | Alto    | Alto            |
|                 | Dañar equipo                   | Diversión/ venganza               | Material sensible               | Si     | Media        | Alto    | Medio           |
| Técnica         | Falla de equipo                | Ninguna                           | Mantenimiento inadecuado        | Si     | Media        | Bajo    | Bajo            |
|                 | Falla de energía eléctrica     | Ninguna                           | Falta de respaldos de energía   | Si     | Media        | Alto    | Medio           |
|                 | Pérdida de conexión            | Ninguna                           | Internet                        | Si     | Media        | Medio   | Medio           |
| Natural         | Incendio                       | Ninguna                           | Material sensible               | Si     | Baja         | Alto    | Bajo            |
|                 | Inundación                     | Ninguna                           | Ubicación                       | Si     | Media        | Alto    | Medio           |

En todos los casos se debe poner especial énfasis en mecanismos que permitan mitigar los riesgos que resultaron con un nivel alto, sin embargo, en el diseño del esquema se considerará cada uno de los riesgos existentes a fin de que se pueda crear un esquema de monitoreo remoto seguro y confiable.

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

Un esquema de monitoreo remoto como el propuesto posee importantes ventajas orientadas principalmente al bienestar del paciente, sin embargo también permitiría reducir costos en las instituciones de salud, ya que se evitarían algunas de las complicaciones mayores en la salud del paciente con diabetes. El esquema propuesto puede ser igualmente implementado en otras áreas de salud en donde se requiera el monitoreo remoto de diversos parámetros biológicos de pacientes.

El proceso de estimación de riesgos permite visualizar claramente en dónde se deben enfocar los esfuerzos de implementación de mecanismos de seguridad. Como resultado de este trabajo, se diseñarán los mecanismos apropiados para cada uno de los entornos.

Finalmente, se desarrollarán las aplicaciones específicas de cada entorno. Para el entorno del paciente se desarrollará una aplicación móvil para el sistema operativo *android*. Para el entorno del médico se desarrollarán aplicaciones para las plataformas *iOS*, *android* y BlackBerry OS. Una vez desarrolladas las aplicaciones, se llevará a cabo un proceso de pruebas a fin de validar la efectividad de las medidas.

## Referencias

1. World Health Organization. Diabetes. Fact Sheet No. 312, Agosto 2011. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/>.
2. Franco, K., Cardenas, A., Pulido, P. *et al.*: Web-based diabetes control. *Journal of Telemedicine and Telecare*, vol. 10, no. 5, pp. 277-281.
3. Nyenwe E., Ashby S., Tidewell J., *et al.*: Improving diabetes care via telemedicine: lessons from the Addressing Diabetes in Tennessee (ADT) project. *Diabetes Care* 2011;34:e34.
4. Web de MedLinePlus (servicio de la Biblioteca Nacional de Medicina de EE.UU). Disponible en: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/001214.htm>
5. Ureta, J., Garbayo, J.: La seguridad, confidencialidad y disponibilidad de la información clínica. La seguridad y confidencialidad de la información clínica, Pamplona, 2000, pp. 257-286.
6. Stoneburner, G., Goguen, A., Feringa, A.: NIST Special Publication 800-30: Risk Management Guide for Information Systems. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. Julio 2002.