

Aplicación para monitoreo y seguimiento ambulatorio de pacientes con Diabetes

Arias Ezequiel, Ibarbe Mauricio, Tula Raúl, Graffigna Juan Pablo, Holeywell Pablo.

*Cátedra de Informática Médica, Gabinete de Tecnología Médica,
Departamento de Electrónica y Automática,
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina.*

Resumen

La diabetes es un grupo de enfermedades caracterizadas por un alto nivel de glucosa como resultado de defectos en la capacidad del cuerpo para producir o usar insulina. Tanto para un correcto diagnóstico como para el seguimiento del paciente con diabetes son necesarias pruebas para determinar el nivel de glucosa, así como también otros parámetros clínicos de importancia. La aplicación web realizada tiene como objetivo el monitoreo y control de estos parámetros, recabando información para que esté a disposición del profesional médico de una manera versátil y rápida. El sistema diseñado se desarrolló a partir de UML, y la programación mediante PHP versión 5.5.6, sobre un servidor Apache 7.0.4 y con un motor de Base de Datos MySQL versión 1.5.5

Palabras clave: Diabetes, PHP, MySQL, UML, HTML

Introducción

El presente trabajo ha sido desarrollado durante el cursado de la materia Informática Médica perteneciente a la carrera de Bioingeniería, utilizando las herramientas tecnológicas explicadas en dicha asignatura.

Según la Encuesta Nacional de Factores de Riesgo realizada en el año 2009; 9,6% de los argentinos tienen diabetes. Teniendo en cuenta el censo realizado en el año 2010, siendo la población total del país de 40.117.096, habría aproximadamente 3.851.242 personas con diabetes [1]. Debido a esto, y a la problemática del seguimiento y del diagnóstico de esta enfermedad surgió la idea de realizar un sistema de información multiplataforma y multiusuario que permita el registro de las variables más importantes para el monitoreo de pacientes diabéticos. En la actualidad existen aplicaciones para distintos dispositivos que permiten a las personas llevar un registro personal acerca de su enfermedad. Sin embargo, estos datos sólo son de utilidad para ellas mismas. Para el caso de la aplicación diseñada se busca que la información adquirida sea la pretendida por el médico especialista y que esta esté a disposición del paciente y del médico, en el momento en que el profesional lo desee. Además, le brinda al paciente la seguridad de que sus datos serán analizados por su médico especialista de manera íntegra, auténtica y confidencial.

Metodología

En esta sección se desarrollará el diseño y modelado del sistema a partir de UML (Unified Modeling Language), que es un lenguaje mediante el cual a partir de una serie de técnicas se puede modelar y construir un sistema de información orientado a objetos. Este lenguaje describe un sistema en diferentes niveles de abstracción, simplificando la complejidad sin perder información, para que tanto usuarios, administradores y desarrolladores puedan comprender claramente las características de la aplicación [2][3][4].

1) Diagrama de Caso de Uso

Este diagrama muestra los actores que intervienen en el sistema y las funciones que podrán realizar cada uno de ellos (Figura 1). En este trabajo el médico será el encargado de cargar los pacientes a monitorear con los datos personales del mismo, creándole así un usuario para que

luego pueda ingresar al sistema. Una vez registrado el paciente, deberá configurarlo seleccionando los parámetros fisiológicos que el especialista crea necesarios para su control. Luego de que se hayan cargado valores, estos podrán ser observados y analizados por el diabetólogo. Si el especialista lo cree necesario podrá enviarle un mensaje a la persona usando el sistema de notificaciones. El especialista, además, tiene la capacidad de modificar la configuración general del sistema, agregando o eliminando variables fisiológicas según lo crea necesario.

En el caso del paciente, éste podrá ingresar al sistema luego de que su médico le haya creado una cuenta de usuario. Una vez que ha accedido puede visualizar su información personal, como así también realizar cambios en parte de la misma si así lo requiere. Por otra parte, el usuario paciente podrá cargar los valores de los parámetros, asignados por su médico, a través de un formulario. A su vez tiene la posibilidad de consultar los datos de las mediciones realizadas con anterioridad mediante un listado cronológico de las mismas. Además se contempla la posibilidad de comunicar al paciente con el profesional, mediante un sistema de notificaciones.

Hay que tener en cuenta que los usuarios médicos solamente podrán ser creados por un administrador, que les asignará un nombre de usuario y contraseña.

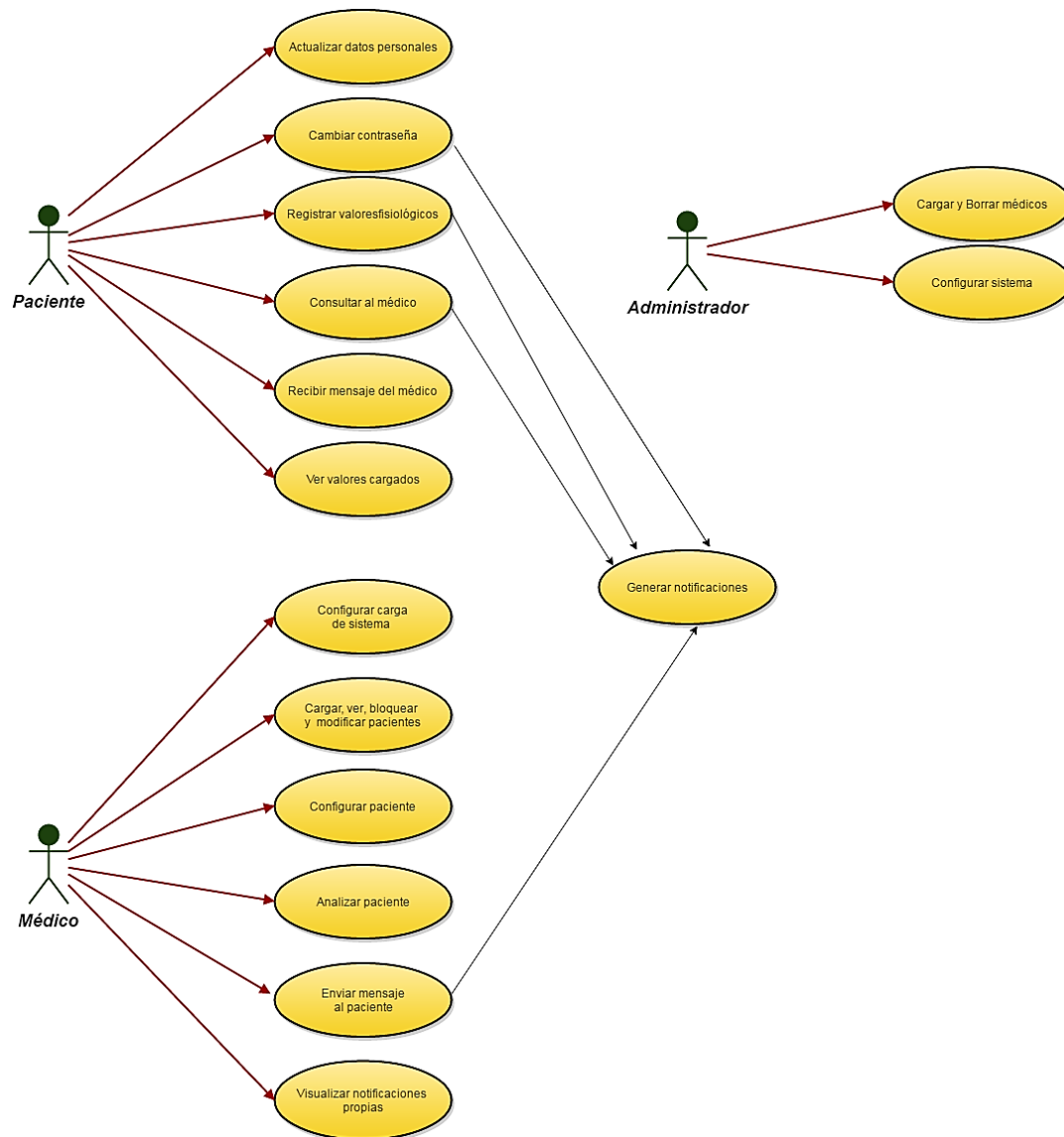


Figura 1: Diagrama de casos de uso

2) Diagrama de Clases

El Diagrama de Clases (Figura 2) permite identificar en grupos o clases a los distintos objetos que conforman el sistema, estableciendo además las características o atributos de cada una de ellas y las relaciones que las vinculan.

El sistema está conformado por las siguientes clases:

- **Pacientes:** contiene la información personal del paciente, como así también el diagnóstico dado por el médico.
- **Médicos:** se encuentran los datos personales del profesional.
- **Usuarios:** posee los datos para acceder al sistema, y además la categoría del usuario, que sirve para identificar si es paciente o médico. También determina si el usuario está habilitado para ingresar al sistema.
- **Notificaciones:** se utiliza para administrar las notificaciones enviadas y recibidas por los usuarios, clasificándolas según el tipo de mensaje ('consulta', 'alerta', 'aviso', 'respuesta').
- **Configuraciones:** en esta clase se configuran las distintas variables que se le han asignado al paciente, donde se establecen los valores máximos y mínimos de cada variable, si así se requiere.
- **Variables:** se establece cada una de las variables fisiológicas designadas por el médico, así como las unidades en que se registrarán.
- **Valores:** en esta clase se almacenan los valores de las variables fisiológicas adquiridos y cargados por el paciente, en un momento particular del día, especificando fecha y hora de la carga, pudiendo incluir un comentario que la persona crea relevante.

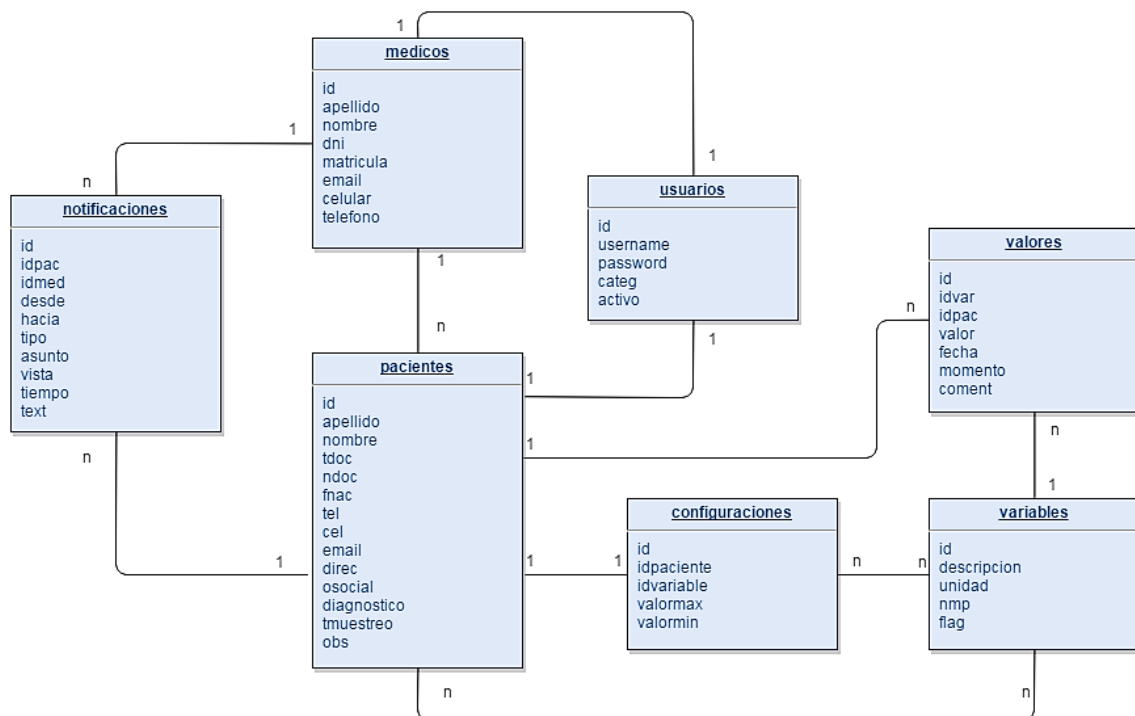


Figura 2: Diagrama de clases

Todas estas clases presentes en el diagrama se crearon, para su implementación y administración, mediante MySQL como bases de datos. De este modo, cada clase

representa una tabla de la misma y a partir de la vinculación de los distintos grupos por medio de sus claves primarias, se pueden llevar a cabo todas las operaciones deseadas del sistema. [4][5].

3) Diagrama de Secuencia

Este diagrama muestra las relaciones entre un conjunto de objetos (clases, actores) a partir de las acciones que cada uno de ellos realiza ordenadas temporalmente (Figura 3).

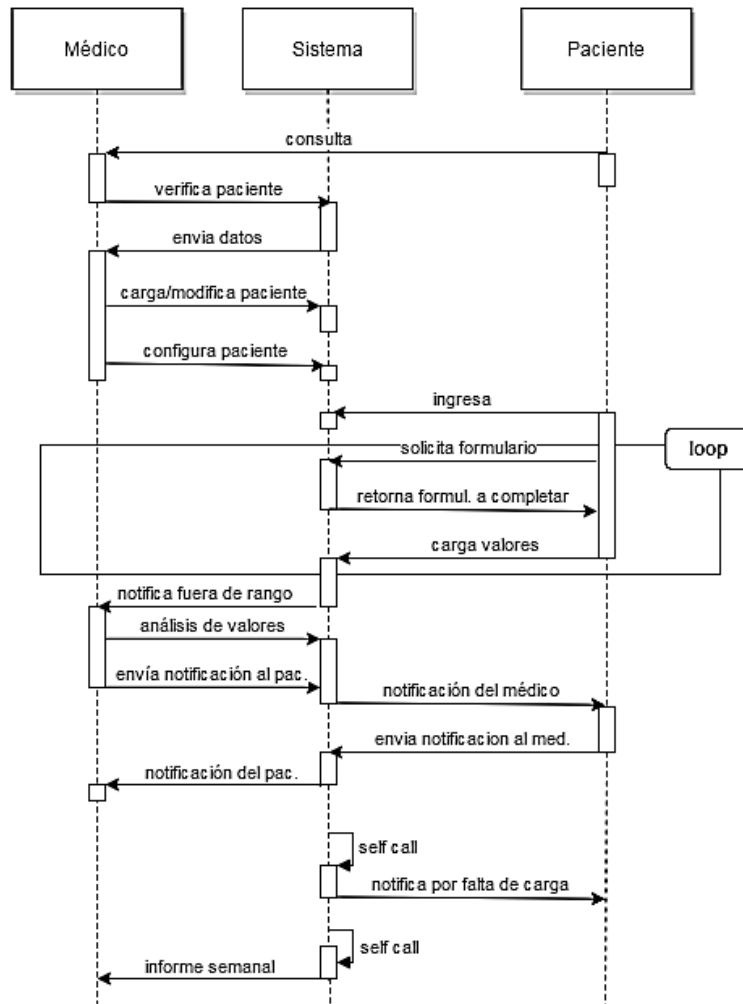


Figura 3: Diagrama de secuencias

A partir de estos diagramas se construyó la interfaz de la aplicación web mediante el uso de los lenguajes HTML y PHP [4][6][7], desde donde cada usuario podrá realizar las acciones antes mencionadas y cumplir con los objetivos pautados.

Al iniciar la aplicación se visualiza en pantalla la página de inicio de sesión, que se puede apreciar en la Figura 4. En ella se deben ingresar un nombre de usuario y contraseña para poder ingresar al sistema y operar en él. En caso de no recordar los datos de inicio de sesión, se tiene la posibilidad de recuperarlos. Para ello, se le recuerda al usuario que su nombre corresponde al correo electrónico que proporciona al crear su cuenta. Éste no puede ser modificado para asegurar que no existan usuarios con el mismo nombre y evitar posibles inconvenientes. La contraseña puede recuperarse por correo electrónico, donde se envía una nueva clave.

Monitoreo de Pacientes con Diabetes
Figura 4: Pantalla de inicio de sesión

De acuerdo a la categoría del usuario (médico o paciente), el sistema mostrará una interfaz con opciones acordes a dicha categoría (Figura 5). Tal como se puede apreciar en dicha imagen, todos los usuarios tienen la opción de poder modificar la contraseña de su cuenta. Además el sistema de notificaciones es similar en todos los casos.

Figura 5: Interfaces para los distintos usuarios

En la Figura 6 se puede observar la bandeja de entrada de notificaciones de un médico. Los mensajes recibidos aún no leídos, aparecen resaltados con un color celeste y en la columna de “Visto” aparece un “No”. Las notificaciones se listan mostrando el remitente (o destinatario en caso de una notificación enviada), el tipo y asunto de estas, así como la fecha y hora en que se reciben. Al presionar sobre la acción “Ver”, se puede ver el contenido de la notificación,

CAIS 2016, 7º Congreso Argentino de Informática y Salud, pudiendo dar respuesta a ésta con otro mensaje. El usuario paciente posee un sistema exactamente igual de notificaciones, por lo que no se explicará.

Monitoreo de Pacientes con Diabetes

Menú

[Página principal](#)

[Cambiar contraseña](#)

Notificaciones:

[Recibidas](#)

[Enviadas](#)

[Nuevo paciente](#)

[Listado de pacientes](#)

[Variables](#)

[Salir del sistema](#)

Notificaciones

Recibidas

Paciente	Tipo de notificación	Asunto	Visto	Fecha	Acción
Gonzalez Marta	ALERTA	Alerta de fuera de rango	No	2015-12-16 18:43:56	Ver
Gonzalez Marta	ALERTA	Alerta de fuera de rango	No	2015-12-16 18:43:30	Ver
Gonzalez Marta	ALERTA	Alerta de fuera de rango	No	2015-12-15 19:02:59	Ver
Gonzalez Marta	ALERTA	Alerta de fuera de rango	No	2015-12-15 19:01:12	Ver
Gonzalez Marta	ALERTA	Alerta de fuera de rango	No	2015-12-15 18:39:16	Ver
Gonzalez Marta	ALERTA	Alerta de fuera de rango	No	2015-12-15 18:36:10	Ver
Gonzalez Marta	ALERTA	Alerta de fuera de rango	No	2015-12-15 18:29:06	Ver
Gonzalez Marta	ALERTA	Alerta de fuera de rango	Sí	2015-12-15 18:17:25	Ver
Carrizo Lorena	RESPUESTA	Medicación	No	2015-12-05 11:49:00	Ver
Carrizo Lorena	ALERTA	Problemas renales	Sí	2015-12-03 22:39:30	Ver
Carrizo Lorena	RESPUESTA	Medicación	Sí	2015-12-01 21:45:25	Ver
Carrizo Lorena	AVISO	Medicación	Sí	2015-12-01 21:37:23	Ver

Informática Médica

Figura 6: Bandeja de entrada de notificaciones

En el caso particular de un usuario médico, éste puede visualizar todos los pacientes que estén bajo su supervisión, siendo incapaz de ver los pacientes de otros profesionales que usen el sistema. Además, es el encargado de crear, modificar, configurar, bloquear y monitorear los pacientes a su cargo (Figura 7). A la hora de crear un usuario paciente nuevo, se debe completar un formulario con los datos personales del mismo. Entre los datos más relevantes de este formulario, se encuentran el diagnóstico que es fundamental para el tratamiento a seguir por el paciente, y el denominado tiempo de muestreo, que indica el máximo periodo de tiempo que puede estar el paciente sin cargar valores de medición. El paciente está obligado a realizar al menos una carga de valores en este tiempo, para realizar un seguimiento adecuado, en caso de no hacerlo recibirá una notificación de alerta automática. Por otro lado, se permite realizar cambios a la información del paciente en caso de requerirse. Otra de las opciones de las que dispone el médico es la de bloquear un paciente, ya sea por cuestiones propias del paciente (viaje, cambio de clínica, muerte, etc.) o porque el profesional lo considere necesario.

Monitoreo de Pacientes con Diabetes

Menú

[Página principal](#)

[Cambiar contraseña](#)

Notificaciones:

[Recibidas](#)

[Enviadas](#)

[Nuevo paciente](#)

[Listado de pacientes](#)

[Variables](#)

[Salir del sistema](#)

Listado de Pacientes

Apellido	Nombre	Tipo de Documento	Nro. de Documento	Teléfono	Email	Activo	Acción					
Carrizo	Lorena	DNI	28631225	4318895	loreccarrizo@hotmail.com	Sí	Ver	Modificar	Bloquear	Configurar	Valores cargados	Enviar notificación
Gonzalez	Marta	DNI	15268987	4346599	martagonz@hotmail.com	Sí	Ver	Modificar	Bloquear	Configurar	Valores cargados	Enviar notificación
Suarez	Luis	LE	8526989	4285456	lsuarez@yahoo.com.ar	No	Ver	Modificar	Activar	Configurar	Valores cargados	Enviar notificación
Nuevo paciente												

Informática Médica

Figura 7: Listado de pacientes bajo atención del médico.

En cuanto a la configuración del paciente, el profesional asigna las variables fisiológicas que considera necesarias para el seguimiento del paciente, indicando la unidad de medición y valores máximo y mínimo según su criterio (Figura 8). Aquellos valores cargados que no se encuentren dentro de los rangos establecidos dispararán una notificación de alerta automática, tanto para el médico como para el paciente.

Monitoreo de Pacientes con Diabetes

Menú

- [Página principal](#)
- [Cambiar contraseña](#)
- Notificaciones:
 - [Recibidas](#)
 - [Enviadas](#)
- [Nuevo paciente](#)
- [Listado de pacientes](#)
- [Variables](#)
- [Salir del sistema](#)

Configuración del Paciente

Apellido y Nombre	Carrizo Lorena
DNI	28631225

Variables del Paciente

Variable	Unidad	Valor mínimo	Valor máximo
Glucosa	mg/dl	50	300
Presión arterial diastólica	mmHg	40	150
Presión arterial sistólica	mmHg	100	300

Modificar Volver

Informática Médica

Figura 8: Configuración de un paciente

Cada vez que el diabetólogo desee controlar el estado de una persona, podrá visualizar de manera detallada todos los valores cargados hasta la fecha y el momento en que se realizaron (Figura 9).

Monitoreo de Pacientes con Diabetes

Ordenar por fecha Ascendente

Menú

- [Página principal](#)
- [Cambiar contraseña](#)
- Notificaciones:
 - [Recibidas](#)
 - [Enviadas](#)
- [Nuevo paciente](#)
- [Listado de pacientes](#)
- [Variables](#)
- [Salir del sistema](#)

Lista de Valores Cargados

Fecha y hora de la carga	2016-05-12 16:02:42	
Variable	Valor	Unidad
Glucosa	170	mg/dl
Presión arterial sistólica	120	mmHg
Presión arterial diastólica	80	mmHg
Momento en que se hizo la carga		
2hs luego de almuerzo		

Fecha y hora de la carga	2016-05-12 08:30:58	
Variable	Valor	Unidad
Glucosa	100	mg/dl
Presión arterial sistólica	150	mmHg
Presión arterial diastólica	90	mmHg
Momento en que se hizo la carga		
Luego de ejercicio leve		

Volver

Informática Médica

Figura 9: Ejemplo de lista de valores cargados para un usuario paciente

Teniendo en cuenta ahora al usuario paciente, dentro de las opciones propias de su interfaz, se destaca la de carga de valores. En esta, se le permite al usuario registrar los valores fisiológicos medidos, indicando el momento de la medición, como por ejemplo, antes del desayuno, 2 horas después de éste u otra comida, luego de hacer ejercicio, etc. [8]; y además posibilitando el agregado de un comentario si así lo cree necesario, acerca de algún síntoma, estado de ánimo, otra condición patológica, etc. (Figura 10).

Monitoreo de Pacientes con Diabetes

Menú

Carga de Valores

Momento de la medición

Variable	Valor medido	Unidad	Fecha
Glucosa	<input type="text"/>	mg/dl	13-05-2016

Variable	Valor medido	Unidad	Fecha
Presión arterial diastólica	<input type="text"/>	mmHg	13-05-2016

Variable	Valor medido	Unidad	Fecha
Presión arterial sistólica	<input type="text"/>	mmHg	13-05-2016

Comentario

Informática Médica

Figura 10: Planilla de carga de valores fisiológicos

Conclusiones

El aplicativo desarrollado cumple con los objetivos propuestos, mejorando la comunicación entre el profesional y sus pacientes, agilizando el proceso de monitoreo y diagnóstico. El sistema ha sido testeado de manera local a fin de corroborar su funcionamiento. Tanto la interfaz como la operación del sistema resultan sencillas e intuitivas, lo que es una ventaja cuando el manejo es realizado por personas que no están familiarizadas con el uso de dispositivos electrónicos o de aplicaciones en éstos. Además el hecho de ser una aplicación web, le da accesibilidad desde distintos dispositivos sin la necesidad de ser instalada o de cumplir requerimientos elevados de software o hardware, pudiendo usarse desde un teléfono móvil, Tablet, notebook y computadoras de escritorio.

Actualmente el sistema se encuentra en funcionamiento pero sólo para pruebas, y no se ha implementado en una situación clínica real, pues aún se está trabajando en características complementarias como son el análisis estadístico de los datos recogidos y la generación de un archivo pdf de forma periódica a modo de informe, que harían aún más completa la aplicación. Aun así, el sistema desarrollado resulta muy prometedor por las cualidades antes mencionadas y se espera lograr su implementación con éxito a la brevedad.

Referencias

[1] http://www.censo2010.indec.gov.ar/resultadosdefinitivos_totalpais.asp

[2] <http://www.uml.org/>

[3] Desarrollo Orientado a Objetos con UML - Xavier Ferré Grau, María Isabel Sánchez Segura

Facultad de Informática –UPM

[4] Apuntes de la Cátedra de Informática Médica – Carrera de Bioingeniería – UNSJ

[5] MySQL Reference Manual

[6] Manual de PHP - Stig Sæther Bakken, Alexander Aulbach, Egon Schmid, Jim Winstead, Lars Torben Wilson, Rasmus Lerdorf, Zeev Suraski, Andrei Zmievski, Jouni Ahto - Editado por Rafael Martínez - Copyright © 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 por el Grupo de documentación de PHP

[7] <http://www.php.net>

[8] Norma Oficial Mexicana para la Prevención, Tratamiento y Control de la Diabetes (NOM-015-SSA2-2010)