

**DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA DISPOSITIVOS MÓVILES Y FORMACIÓN DE INVESTIGADORES**

**MOBILE DEVICE TECHNOLOGY DEVELOPMENT AND RESEARCH TRAINING**

**MC. Ana Eugenia Romo  
González**  
Centro de Investigación y  
Estudios Avanzados  
(CINVESTAV—IPN),  
Coordinadora de Investigación,  
Universidad Tecnológica de  
Jalisco (UTJ). Luis J. Jiménez No.  
577, colonia 1° de Mayo, C.P.  
44979, Jalisco México,  
aromo@utj.edu.mx

**LIC. María de los Ángeles  
Márquez Sánchez**  
Universidad del Valle de  
Atemajac (UNIVA),  
Profesora de Tiempo Completo,  
Universidad Tecnológica de  
Jalisco (UTJ). Luis J. Jiménez No.  
577, colonia 1° de Mayo, C.P.  
44979, Jalisco México,  
amarquez@utj.edu.mx

**ING. Luis Manuel  
López Hernández**  
Universidad de Guadalajara  
(UdeG),  
Profesor de Tiempo Completo,  
Universidad Tecnológica de  
Jalisco (UTJ). Luis J. Jiménez No.  
577, colonia 1° de Mayo, C.P.  
44979, Jalisco México,  
llopez@utj.edu.mx

(Recibido el 15-01-2014. Aprobado e125-03-2014)

**Resumen:** en este documento se presentan los resultados del desarrollo tecnológico denominado "Sistema integral de expediente clínico electrónico con dispositivos móviles" implementado por el cuerpo académico "Desarrollo de Sistemas en Entornos Virtuales", de la Universidad Tecnológica de Jalisco en México, en colaboración con la empresa Pinball. Los objetivos de este desarrollo se enfocan en resolver problemas de las empresas en la zona de influencia de la Universidad, como mecanismo de vinculación con la sociedad, y en realizar actividades de investigación temprana que fomenten el desarrollo de competencias en los estudiantes colaboradores del proyecto de la carrera de Tecnología de la Información y la Comunicación. La importancia de la integración de estudiantes para la formación del capital humano se sustenta en la estrategia del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 en su Eje III.1. México con educación de calidad y en la estrategia estatal de Jalisco como Ciudad creativa digital.

**Palabras clave:** desarrollo científico, desarrollo de recursos humanos

**Abstract:** this paper presents results of the technological development called "Integral electronic medical record system with mobile devices" implemented by the academic group "Systems Development in Virtual Environments" of the Universidad Tecnológica de Jalisco in Mexico in collaboration with the company in bull. Objectives of this development are focused on solving business problems in the area of influence of the University, as a mechanism for linking with companies, and research activities that promote early skills in the students who collaborated. They are from the Information Technology and Communication career. The importance of the integration of students for the formation of human capital is based on the strategy of the National Development Plan 2013-2018 in its axle III.1. Mexico with quality education, and the Jalisco state strategy called "Ciudad Creative Digital".

**Keywords:** scientific development, human resources development

## 1. INTRODUCCION

El desarrollo del expediente clínico electrónica, permite apoyar los servicios de salud para acceder al historial de un paciente mediante soluciones móviles de acuerdo con la norma mexicana NOM-168-SSA1-1998 emitida por la Dirección General de Regulación de los Servicios de Salud (DGRSS, 1998).

Para lograr el desarrollo, se integró un equipo multidisciplinario compuesto por 8 estudiantes del programa educativo de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) de la Universidad Tecnológica de Jalisco (UTJ) en diversas etapas; 4 miembros del Cuerpo académico UTJAL-CA-9; un representante de la empresa Pinball; representantes del Cuerpo académico CAITPUE-CA-4 de sistemas interactivos y realidad virtual del Instituto Tecnológico de Puebla (ITP), y con un representante de la Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana de Guadalajara (UTZMG) con los que se realizaron visitas científicas.

En el proceso se utiliza la metodología para el "Desarrollo de proyectos" del área de ingeniería y tecnología en la disciplina de Ingeniería de software y comprende cuatro etapas similares. Su construcción está basada en cuatro herramientas principales: una base de datos robusta y flexible, y tres aplicaciones desarrolladas para distintos entornos y con diversos dispositivos denominadas "de escritorio" "Web" y para "dispositivos móviles".

Las cuatro etapas para la implementación del Sistema son: Análisis y diseño del sistema integral, Desarrollo e implementación de aplicaciones, Integración del sistema y Pruebas y correcciones.

El diseño de las tres aplicaciones es consistente en cuanto a su contenido, lo que contribuye a su operatividad. Comprende los componentes más representativos y prioritarios en el sector salud: Cáncer, Brotes, Diabetes, Citas, Campañas, Personal y Expediente.

## 2. ANTECEDENTES

Tanto las empresas públicas como las privadas realizan esfuerzos para innovar sus procesos y productos y lograr un crecimiento en sus ingresos que les permitan mantener o mejorar sus márgenes de ganancias (Amit & Zott, 2012). Aunque la innovación es cara, consume tiempo, requiere de un considerable esfuerzo de investigación, del desarrollo de recursos especializados, de nuevas

Plantas y equipo y unidades de negocios enteras. Hopkins (2010) sostiene que existe una brecha de rendimiento entre las empresas que adoptan tecnología y las que se resisten, por lo que el desarrollo presentado permite transferir tecnología a las empresas y resolver un problema social.

El Sistema integral de expediente clínico electrónica se enfoca en el control de pacientes con dispositivos móviles. Este enfoque se basa en el análisis sobre la sólida demanda de dispositivos móviles en México. Ríos y Aguilar (2012) establecen que, de acuerdo con datos de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (Cofetel) y la Secretaría de Telecomunicaciones, en 2011 había un total de 91,936 líneas celulares en el país, lo que indica que el 81% de los habitantes tienen un celular. Resulta importante señalar que a pesar de que los mexicanos tienen una demanda altamente sofisticada, se encontró que el uso que le dan al celular es del 93% de manera funcional. Es decir, como medio de comunicación telefónica o mediante mensajes de texto y el 73% utiliza su dispositivo como medio para entretenerse (IAB México, 2012).

Dada la demanda de dispositivos móviles en México, el uso de las distintas plataformas de desarrollo se debe a dos razones: la primera está relacionada con el entorno en que funcionan los dispositivos existentes como el sistema operativo y la segunda con el uso de software de distribución libre y gratuita lo que garantiza la operatividad del Sistema Integral, lo que permitirá tener una mayor cobertura social.

### 2.1. Planteamiento del problema

Acorde con la perspectiva de innovación mediante el uso de tecnología, México ha obligado al sector salud a integrar los expedientes de forma electrónica. La NORMA Oficial Mexicana NOM-024-SSA3-2012 establece los objetivos y funcionalidades para lograr su operatividad, el problema principal radica en que su implementación en el sector concluir en el año 2020.

Aunque existen expedientes clínicos electrónicos, solo operan en entornos Web y la consulta se realiza con equipos de cómputo fijos y acceso a Internet, el desarrollo en móviles permite monitoreo permanente a pacientes con enfermedades crónicas.

### 2.2. Objetivos

Desarrollar un expediente clínico electrónica de acuerdo con las normas oficiales para México y formar capital humano en el área de desarrollo de sistemas con tecnologías de vanguardia.

### 2.3. Justificación

La importancia del monitoreo de pacientes en tiempo real se debe a los diversos estudios nacionales (Escamilla, López, Escobedo, Bustamante, 1992) (García de Alba, Ríos, Castañeda, 1999) e internacionales (Phillips, López, Papaqui, 1994) donde se establece que los mayores problemas del sistema de salud mexicano son la diabetes y el cáncer, ya que representan las principales causas de muerte en adultos (DGIS, 2009), también son las que consumen "el mayor porcentaje de gastos en instituciones públicas" (UNICEF, 2010).

Dada la importancia social y económica de mantener el control de enfermedades y agilizar la atención de pacientes, el Sistema Integral propuesto es pertinente y su objetivo el análisis, diseño, desarrollo e implementación del expediente clínico electrónica, operable en diversos entornos virtuales y con múltiples dispositivos. Para la integración de equipos de trabajo transdisciplinarios se empleó el enfoque de modos de producción del conocimiento (Gibson et al., 1994) donde los estudiantes ingresaban al equipo de acuerdo con el perfil de habilidades y los conocimientos que poseen, lo que permite alcanzar los objetivos de desarrollo del sistema y diseñar mecanismos de transferencia de tecnología hacia las empresas como informes técnicos y manuales de operación.

### 3. MÉTODO

El método empleado fue el de Desarrollo tecnológico para el "Desarrollo de proyectos" del área de ingeniería y tecnología en la disciplina de Ingeniería de software. Está compuesto por cuatro etapas para las tres aplicaciones que constituyen el Sistema integral del control de expediente clínico electrónica, la de escritorio, el sitio Web y la de dispositivos móviles:

- Análisis y diseño del sistema integral.
- Desarrollo e implementación de aplicaciones.
- Integración del sistema.
- Pruebas y correcciones.

En la etapa de *análisis y diseño del sistema integral* se genera un "Documento de requerimientos estandarizado" denominado CONOPS en el que se encuentran los diagramas de identificación de actores, casos de uso, identificación de entidades, diagrama de clases, diagrama de secuencia, colaboración y estado, así como el diagrama entidad relación para la base de datos del servidor central y el diseño de imágenes e iconos de las aplicaciones.

Para el levantamiento de requerimientos se utilizó la técnica del cuestionario personalizado con un muestreo por conveniencia. El cuestionario se realiza mediante entrevista personalizada, consta de 25 preguntas, 15 abiertas, 10 cerradas; con ellas es posible determinar los requerimientos funcionales, no funcionales y de sistema, se aplica a médicos que atienden a pacientes de hospitales, secretarías y recepcionistas. En esta etapa se emplea el software: *Racional Rose* para los diagramas con el Lenguaje Unificado de Modelado (UML: *Unified Modeling Language*) y *Visio* para el diagrama entidad relación de la base de datos.

Para la etapa de *Desarrollo e implementación de aplicaciones* se requiere:

- la generación de la estructura de la base de datos en SQL Server (*script*) a la que se conectan las tres aplicaciones.
- la aplicación de escritorio se desarrolla con el lenguaje de programación Java y se emplea NetBeans como IDE.
- para la aplicación Web se emplea el lenguaje de marcado hipertextual (HTML) PHP: y hojas de estilo en cascada (CSS).
- la aplicación para dispositivos móviles utiliza Java como lenguaje de programación con el IDE "ADT Bundle", en la generación de interfaces se emplea (XML), PHP para la conexión a la base de datos y Wampserver para el servicio Web mediante conexión IP.

El ADT (Android Developer Tools) es un complemento o *plugin* para Eclipse® que proporciona un conjunto de herramientas integradas al IDE y ofrece acceso a otras características. El SDK de Android proporciona las bibliotecas API (Application Programming Interface) y las herramientas de desarrollo necesarias para crear, probar y depurar aplicaciones para Android. El paquete integrado incluye los componentes esenciales de Android SDK y una versión del IDE de Eclipse con una función de ADT (Android Developer Tools) para agilizar el desarrollo de las aplicaciones:

Eclipse + ADT *Plugin*

Android SDK Tools

Android Platform-Tools

La Última plataforma Android

La imagen más reciente del sistema Android para el emulador

Durante la etapa de *Integración del sistema* se establecen las conexiones de las aplicaciones con la base de datos y se desarrollan los mecanismos para garantizar la seguridad sobre los accesos a los datos.

En la fase de *Pruebas y correcciones* se asiste a los centros de salud con el objetivo de que colaboren en las pruebas los distintos usuarios de Sistema integral: médicos, secretarias, recepcionistas, pacientes de hospitales. Se corrigen los posibles errores y se mantiene en use la aplicación durante el periodo de un mes para garantizar y prevenir problemas futuros en el acceso a registro o corrupción en los datos.

A partir del díselo del diagrama Entidad-Relación se desarrolla la base de datos (BD) central con el gestor SQL Server S. El *script* generado contiene las instrucciones para construir la BD, las tablas y los registros. Su flexibilidad se encuentra en el tipo de conexión establecida, lo que hace posible migrar los datos a otro gestor como MySQL® con un conector de BD abierto (ODBC: *Open Database Connectivity*). La BD se encuentra instalada en un servidor central, al concluir las pruebas podrá migrarse a un *Host* cuyo dominio ya fue registrado como [www.aplicacionesvirtuales.com.mx](http://www.aplicacionesvirtuales.com.mx), a ella se conectan las tres aplicaciones del sistema.

La aplicación de escritorio se desarrolla con el lenguaje de programación Java y se emplea NetBeans como Entorno de Desarrollo Integrado (IDE: *Integrated Development Environment*). Para la aplicación Web se emplea el lenguaje de marcado hipertextual (HTML: *HyperText Markup Language*), un lenguaje de *script* incrustado dentro del HTML (PHP: *Hypertext Preprocessor*) y hojas de estilo en cascada (CSS: *Cascading Style Sheets*). La aplicación para dispositivos móviles utiliza Java como lenguaje de programación con el IDE "ADT Bundle", en la generación de interfaces se requiere un lenguaje de marcas extensible (XML: *eXtensible Markup Language*), PHP para la conexión a la base de datos y Wampserver para el servicio Web mediante conexión IP.

Se requirió establecer e implementar una planeación estratégica para el desarrollo de todo el sistema y lograr integrar y mantener al equipo de trabajo. Dentro de la planeación se consideraron las diversas habilidades que poseían los estudiantes que conformaron el equipo y establecieron las competencias que deberían desarrollar; entre ellas, la capacidad de disertación para presentar el trabajo.

#### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con la programación del desarrollo del sistema integral, se alcanzaron los objetivos del proyecto al concluir la implementación de los módulos que lo componen. Entre los principales obstáculos se encontraron: a) lograr mantener la compatibilidad de los diversos sistemas que operan en múltiples entornos pero acceden a una misma base de datos, por lo que se debió modificar tanto el díselo como el lenguaje para el acceso a la base de datos, y b) la problemática del desarrollo en dispositivos móviles que operan con el sistema operativo iOS debido a una vez concluida la aplicación esta tiene un costo por descarga establecido como parte de las políticas de la empresa. La difusión a nivel nacional de los resultados del desarrollo se realizó mediante congresos y para proteger la propiedad intelectual se determinaron los porcentajes de desarrollo de todos los participantes y se realizó el trámite de registro.

En relación con el alcance y los productos obtenidos se obtuvieron:

- a) Tres de nivel licenciatura para cuatro de los estudiantes participantes del programa educativo de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).
- b) El Manual técnico (Manual de operación del Sistema Integral de expediente clínico electrónica para dispositivos móviles) que contiene la operación de los módulos y es uno de los principales mecanismos de transferencia hacia las empresas. En el manual se describen los objetivos e información clara y concisa de cómo utilizar los programas para el control de pacientes. Comienza con la especificación de los mecanismos de acceso y a través de imágenes de las pantallas que muestran los procesos como gráficos explicativos para ayudar al usuario. Comprende la Introducción a las plataformas de desarrollo, una guía de acceso y un glosario de términos para referencias técnicas.
- c) El Prototipo del Sistema Integral de expediente clínico electrónica para dispositivos móviles, también que contiene todo el desarrollo y que incluye los módulos para escritorio, móvil y el sitio WEB en la dirección electrónica <http://aplicacionesvirtuales.com.mx>.

En el manual también se describen las plataformas y los lenguajes de programación empleados en el desarrollo, así como los fundamentos teóricos necesarios, los requerimientos de equipos para

mantener la conectividad con el servidor central y la base de datos y el análisis y diseño de sus componentes esenciales.

## 5. RECONOCIMIENTO

Al Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública (SEP) de México por el apoyo económico otorgado para la implementación de este proyecto a través del fondo de Fortalecimiento a Cuerpos académicos.

## 6. REFERENCIAS

Amit & Zott. (2012). Creating Value Through Business Model Innovation, *MIT Sloan Management Review*, Primavera 2012, pp. 41-49.

Escamilla JA, López M, Escobedo J, Bustamante-Montes LP. (1992). Prevalencia de hipertensión arterial y factores asociados, en una delegación política de la Ciudad de México. *Arch Inst Cardiol Mex* 1992; 62:267-275.

García de Alba J, Ríos-González J, Castañeda-Parra R. (1999). *Algunos aspectos clínico-epidemiológicos de la diabetes mellitus*. Salud Pública Mex 1999;31:669-673.

Gibson, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., Trow, M., (1994) *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Colección Educación y conocimiento. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor, S.A.

Hopkins, Michael S. (2010). The Four Ways IT is Revolutionizing Innovation, *MIT Sloan Management Review*, Spring 2010, pp. 51-61.

Phillips M, Lopez M, Papaqui J. (1994). *La diabetes en México: ¿Que nos dice la Encuesta Nacional de Salud?* Bol Oficina Sanit Panam 1994;117(4):307-314.

UNICEF. (2010). El doble reto de la malnutrición y la obesidad. Publicado por el Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia. Salud y nutrición. México.

## SITIOS WEB

Dirección General de Información en Salud (2009). (DGIS). Base de datos de defunciones generales 1979-2007. Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS). [México]: Secretaría de Salud. <<http://www.sinais.salud.gob.mx>>

Dirección General de Regulación de los Servicios de Salud. (1998). Dgrss norma oficial mexicana nom-168-ssal-1998, del expediente clínico. Publicada en el Diario oficial de la Federación en diciembre de 2008. Recuperado de: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/168ssa18.html>.

Interactive Advertising Bureau México. (11 de 2012). Estudio de usos y hábitos de dispositivos móviles, niveles socioeconómicos. Recuperado el 15 de octubre de 2013, de IAB México: [www.iabmexico.com](http://www.iabmexico.com)

Ríos, B., & Aguilar, L. (2012). Las oportunidades de México en el acceso a Internet, dispositivos móviles, modelos de negocio digitales y las tendencias del 2012. Recuperado el 15 de octubre de 2013, de wordpress: <http://technologyjournallac.files.wordpress.com/2012/02/99-116.pdf>