

Aplicaciones Móviles: arquitecturas, visualización, realidad aumentada, herramientas de medición, desarrollo híbrido

Marta C. Fennema, Susana I. Herrera, Rosa A. Palavecino, Pablo J. Najjar Ruiz, Paola D. Budán, Gabriela I. Suárez, Melisa Córdoba

Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero
{rosypgg, sherrera}@unse.edu.ar, najarpablo@yahoo.com.ar, {pbudan1, suarezgabriela03}@gmail.com, cba_melisanv@yahoo.com.ar

Resumen

Se presenta el estado de avance de una investigación sobre sistemas móviles, iniciada en el año 2012 [11, 17, 20] y que culminará en este año 2016 (fue prorrogado un año desde Diciembre de 2015).

Las aplicaciones móviles poseen desventajas originadas en restricciones en el tamaño de pantalla, en la capacidad de procesamiento y en la disponibilidad de energía. Ante ello, este proyecto estudia e investiga acerca de métodos, técnicas y herramientas que permitan optimizar la calidad de los sistemas móviles, tomando como referencia el estándar de calidad de la norma ISO/IEC 25000 y la norma de procesos de ciclo de vida del software ISO/IEC 12207.

Al inicio del proyecto, los investigadores pertenecían a diferentes universidades nacionales del NOA; sin embargo, en la actualidad, la mayoría pertenecen a la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Las principales tecnologías que se estudian son: arquitecturas móviles alternativas, herramientas para el desarrollo híbrido de aplicaciones móviles, técnicas de visualización, realidad aumentada, nuevos métodos ágiles de desarrollo aplicables a sistemas móviles, herramientas para la medición de magnitudes físicas, sensibilidad al contexto.

Las aplicaciones o prototipos que se desarrollan se aplican en los siguientes dominios: educación, turismo, ingeniería forestal, rehabilitación (salud).

Palabras clave: Sistemas móviles, calidad de sistemas móviles, arquitecturas de diseño, aplicaciones híbridas, realidad aumentada, visualización.

1 Contexto

Esta investigación se lleva a cabo en el marco del proyecto denominado “Optimización de la calidad de los Sistemas Móviles mediante la implementación de nuevas arquitecturas, realidad aumentada, técnicas de visualización y redes móviles Ad-Hoc. Aplicaciones en m-learning y en gestión del conocimiento”. A su vez, el

proyecto forma parte de un Programa de Investigación en el área Informática que tiene como objetivo realizar investigación aplicada sobre nuevas tecnologías que permitan mejorar la calidad tanto del proceso como del producto software.

Actualmente, el equipo de investigación del proyecto está conformado por docentes del Instituto de Investigaciones en Informática de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) y del Departamento de Computación de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta (UNSa).

Además, el proyecto cuenta con el asesoramiento de investigadores de Institutos de Investigación de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata.

Está financiado por el Consejo de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, durante el período Enero 2012-Diciembre 2016.

2 Introducción

Los sistemas móviles son los sistemas que se desarrollan para que sean ejecutados desde dispositivos móviles, usando redes de telefonía celular y redes wi-fi. Se ejecutan desde diversos sistemas operativos, donde se destaca Android, dado que es el más usado en el mercado argentino. Los sistemas móviles pueden ser ejecutados en cualquier momento y en cualquier lugar, una de sus principales ventajas es la ubicuidad, que proviene del pequeño tamaño del dispositivo. Pero esto último trae como consecuencia importantes restricciones de recursos: poca capacidad de procesamiento, escasa memoria, tamaño pequeño de pantalla, entre otros aspectos [3, 29, 34, 39]. Por ello, el desarrollo de sistemas móviles involucra cuestiones propias e importantes, como ser: el diseño de interacción, posicionamiento, representación del espacio, formas de censado, tratamiento del contexto, arquitecturas y herramientas de implementación [10, 27]. Estas características constituyen las variables que impactan directamente en la calidad de la aplicación que se desarrolla [2, 23, 30, 41].

En cuanto a la arquitectura de diseño, un sistema móvil generalmente se basa en una aplicación cliente que se conecta a un servidor de aplicaciones alojado en la nube [5, 8, 19, 39]. Este servidor, a su vez, utiliza los servicios de un proveedor de ubicación, un Sistema de Información Geográfico (GIS) y de la información provista por diversos puntos de interés. Sin embargo existen aplicaciones que se ejecutan totalmente en el cliente [36]. Las arquitecturas alternativas son tres: Arquitectura Servidor, Arquitectura Cliente, Arquitectura Cliente-Servidor o Híbrida. En esta investigación se desarrollan aplicaciones con las tres arquitecturas. En cuanto a la arquitectura híbrida y cliente, se trabajan principalmente con el sistema operativo Android [9, 25].

Cuando se desconoce la posición del usuario, se la obtiene utilizando una de las siguientes técnicas de sensado de posiciones: GPS, sistema de antenas, tags [8]. Para el posicionamiento in-door es más apropiado el bluetooth o sistema de sensores. En esta investigación se han desarrollado sistemas basados en posicionamiento, utilizando códigos QR como tags. Se está estudiando la aplicación de los otros tipos de posicionamiento, que permiten sensibilidad a la ubicación.

Asimismo, en el marco del proyecto se han iniciado investigaciones para estudiar el comportamiento de los sistemas móviles que utilizan el hardware del teléfono para realizar mediciones [37, 15]. Esto con el propósito de aplicar al campo de la industria forestal.

Los teléfonos móviles o celulares utilizan, típicamente, tecnologías de red especialmente desarrolladas para ese tipo de dispositivos las cuales se han ido clasificando en diferentes generaciones [1, 39]. En Argentina, las empresas de telefonía celular han empezado a ofrecer el servicio 4G recién a fines del año 2014. Actualmente, en la mayoría del país, sigue vigente la 3^o Generación (3G), caracterizada por la convergencia de voz, datos y acceso inalámbrico a Internet a mayor velocidad; es apta para aplicaciones multimedia (envío y recepción de imágenes estáticas y video, servicios de ubicación geográfica, televisión en tiempo real, juegos, etc.). Recién desde mediados de 2015 los usuarios empezaron a migrar masivamente sus dispositivos móviles 3G a 4G.

Las características propias de este tipo de sistemas hacen que sea necesario seguir métodos apropiados para su desarrollo. En el ámbito académico y de la industria existen diversos estudios realizados sobre métodos alternativos de desarrollo [4, 31, 33, 33, 40], entre los que se destacan la metodología Mobile-D [31]. Es una metodología desarrollada por investigadores del Centro de Investigación Técnica de Finlandia, que habría obtenido una certificación CMMI (Capacidad de Madurez del Modelo de Integración) de nivel 2. Se considera necesario el estudio de las diversas metodologías propuestas y diseñar una metodología propia que considere: las características de estos sistemas, el estándar ISO/IEC 12207 [24], el lenguaje de modelado UML y las buenas prácticas como las

provenientes del Modelo Vista Controlador (MVC) [5, 7, 8, 26, 38].

Además, en este último tiempo se ha planteado la necesidad de estudiar el rendimiento de herramientas que permiten producir rápidamente aplicaciones que corren bajo diferentes sistemas operativos, por ejemplo PhoneGap. Se estudiará la calidad de los productos obtenidos con estas herramientas, así como también beneficios y desventajas desde el punto de vista del equipo de desarrollo.

También es importante dentro del desarrollo de aplicaciones atender sensibilidad al contexto referida a otros aspectos diferentes de la localización. En este sentido, en el proyecto se están desarrollando prototipos de aplicaciones sensibles al tiempo, con el propósito de mejorar la usabilidad de la aplicación en usuarios que requieren rehabilitación.

Con el propósito de mejorar la capacidad de comprensión, se estudian técnicas de visualización. Estas permiten mostrar, con mayor eficiencia, una gran cantidad de variables científicas en la pantalla, mejorando la comprensión.

Cabe resaltar que para el estudio de la calidad se tiene en cuenta el estándar ISO/IEC 25000. Es así como la investigación se dirige a optimizar características tanto del modelo de calidad en uso como del modelo de calidad del producto (eficiencia, usabilidad, accesibilidad, comprensibilidad, compatibilidad, etc.). La optimización se logra mediante la incorporación de: arquitecturas de diseño apropiadas, tecnologías de realidad aumentada y de visualización, marcos de compatibilidad para dominios específicos como el turismo, entre otros elementos.

3 Líneas de investigación y desarrollo

La principal línea de investigación de esta propuesta consiste en el estudio de métodos, técnicas y herramientas que permitan la optimización de los sistemas móviles; lo cual significa aumentar su calidad, tomando principalmente las características de eficiencia, usabilidad, compatibilidad y comprensibilidad [23, 30].

Respecto a la eficiencia (velocidad y administración de recursos), se investigó sobre la relación entre ésta y el diseño e implementación de arquitecturas alternativas para las aplicaciones móviles.

En relación a la comprensibilidad y usabilidad (capacidad de ser aprendido y operado, capacidad de atracción), se investiga sobre la construcción de interfaces de usuario usando técnicas de visualización y de realidad aumentada. Así como también el uso de herramientas como brújula y acelerómetro (con sus librerías correspondientes) que permitan realizar de forma fácil cálculos complejos como la medición de los árboles de un monte.

Otro aspecto que se estudia es cómo desarrollar aplicaciones móviles sensibles al contexto, considerando la variable tiempo.

En relación al enfoque de calidad interna, se estudian métodos ágiles usados o factibles de ser usados en el desarrollo de aplicaciones móviles. Y también dentro de este contexto, se estudiarán las herramientas como PhoneGap.

Todos los estudios realizados serán implementados en la optimización de la usabilidad de sistemas móviles de turismo, rehabilitación (salud), aprendizaje, ingeniería forestal y gestión del conocimiento.

4 Objetivos y resultados

El objetivo general que guía esta investigación aplicada es:

Contribuir al mejoramiento de la calidad de las aplicaciones móviles mediante nuevas arquitecturas de diseño, técnicas de visualización, recursos de realidad aumentada y métodos ágiles de desarrollo.

Los objetivos específicos son:

- a) Definir un ecosistema móvil que identifique y caracterice los diversos componentes involucrados en la Computación Móvil (dispositivos, sistemas operativos, herramientas y librerías de programación y emulación, etc.) de la región NOA, con un nivel de abstracción que permita aplicarlo alternativamente a otros contextos.
- b) Analizar las diversas arquitecturas de aplicaciones móviles (servidor, cliente, cliente-servidor, basados en web-services, etc.) y proponer una arquitectura que aumente su eficiencia en términos de velocidad, uso de memoria, procesador y energía.
- c) Determinar criterios y estrategias que permitan diseñar y construir interfaces de usuario que aumenten la usabilidad y capacidad de comprensión de las aplicaciones móviles, mediante el estudio de técnicas de visualización de información, realidad aumentada, metáforas de interacción, sensibilidad al contexto.
- d) Diseñar una propuesta metodológica que guíe el desarrollo de aplicaciones móviles, considerando los aspectos de usabilidad, eficiencia y comprensibilidad.

En el desarrollo de la investigación se agregó el siguiente objetivo:

- e) Determinar las tecnologías de medición de distancia (componentes electrónicos, interfaces, bibliotecas de funciones) que permitan definir con mayor precisión magnitudes físicas, usando dispositivos móviles.

Los resultados parciales obtenidos hasta el momento son:

- Se logró definir un ecosistema del NOA que se revisa permanentemente debido al avance constante de la tecnología móvil y a la ampliación de la muestra [21, 22]. El ecosistema fue publicado y expuesto en distintos eventos científicos [18, 6].
- Se diseñó e implementó una arquitectura híbrida cliente-servidor sobre la cual se monta una aplicación m-turismo. La arquitectura fue publicada en [18,19]. Sobre ella se hicieron estudios de eficiencia, logrando importantes conclusiones [28].
- También con arquitectura híbrida se desarrolló una aplicación para m-learning: Educ-Mobile, presentada en [13, 14], en Android. Se utilizó MVC.
- Con arquitectura web se desarrolló una aplicación para m-learning: Ima-Colab (aún no publicado). El lenguaje principal utilizado fue PHP y JavaScript. Para el diseño se usó el framework Twitter Bootstrap, con diseño responsivo. Para editar código utilizó Sublime Text 3.
- Se diseñó e implementó una arquitectura cliente sobre la cual se monta una aplicación móvil de ayuda a personas con deficiencia visual que se publicó en [35, 36]. La aplicación desarrollada se llama “Lazarillo Virtual”.
- Respecto a la usabilidad de aplicaciones móviles se ha diseñado un marco para optimizar la usabilidad en el área de Turismo [18]. Se avanzó en estudios de usabilidad [12] en sistemas web, usando criterios que pueden ser aplicables a sistemas móviles. Se estudiaron técnicas de visualización en sistemas web, cuyos resultados serán utilizados en sistemas móviles; estas técnicas se aplicaron a estudios de Hidrogeología. Los resultados parciales con avances en usabilidad fueron comunicados en [6, 18].
- Se inició investigación sobre el uso eficiente de las herramientas provistas en los dispositivos móviles (brújula, acelerómetro, etc.) que sirven para mediciones de objetos físicos. Se publicaron resultados parciales en [15].

En síntesis, los principales avances se obtuvieron en el estudio de eficiencia de arquitecturas alternativas de diseño de sistemas móviles.

Con respecto al objetivo d) actualmente se realizó la revisión del estado del arte en metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles de manera de asegurar la calidad, basándose principalmente en el estudio de los métodos ágiles. Se investigará sobre los beneficios y desventajas del desarrollo híbrido utilizando herramientas para la generación automática de código multiplataforma (Android, IOS, etc.).

También se continuará investigando sobre el uso óptimo de herramientas provistas en dispositivos móviles, como brújula y acelerómetro, para utilizarlos en procesos de medición de magnitudes de un bosque; en colaboración con el Instituto de la Llanura Chaqueña de la UNSE.

5 Formación de recursos humanos

La Directora del proyecto pertenece a la Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino. La Codirectora, al Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información de la UNSE. La Asesora en Sistemas Móviles pertenece al Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada (LIFIA) de la UNLP y posee vasta experiencia y conocimientos en el desarrollo de aplicaciones móviles [26, 27].

Esta investigación contribuye al desarrollo de una tesis doctoral en Ciencias Informáticas (UNLP) referida a un marco para el análisis y evaluación de experiencias de m-learning [21, 22] y desarrollo de aplicaciones de m-learning, como así también, al desarrollo de una Tesis de Maestría (UNSE) referida la Modernización en el Poder Judicial de Santiago del Estero.

En el año 2013 se terminó un trabajo final de Ingeniería en Informática (UNCa) sobre aplicaciones móviles para personas con deficiencia visual y dos trabajos finales de Licenciatura en Sistemas de Información (UNSE) sobre arquitecturas y eficiencia de aplicaciones móviles y sobre sistemas de visualización.

Actualmente, se están realizando trabajos finales de LSI sobre: realidad aumentada, desarrollo híbrido de aplicaciones, métodos de desarrollo de sistemas móviles, sistemas sensibles al contexto temporal, herramientas para medición de magnitudes físicas. Se tiene previsto incorporar más alumnos de grado en los próximos años, a efectos de brindarles un marco apropiado para la elaboración de sus trabajos finales.

Referencias

1. Aravind, A., Tahir, H. *Towards modeling realistic mobility for performance evaluations in MANET*; University of Northern British Columbia, Prince George, BC, Canada; 2010.
2. Ardagna, C.A., Jajodia, S. *Privacy Preservation over Untrusted Mobile Networks*. CSIS-George Mason University; 2007.
3. Bartz, J. *Mobile Computing Deployment and Management: Real World Skills for CompTIA Mobility+ Certification and Beyond*. Ed. Sybex (Wiley Brand). ISBN: 978-1-118-82461-0. Indianapolis, Indiana, 2015.
4. Blanco, P., Camarero, J., Fumero, A., Werterski, A., Rodríguez, P. *Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles. Introducción al desarrollo con Android y el iPhone*. Tesis de Doctorado en Ingeniería de Sistemas Telemáticos. Universidad Politécnica de Madrid. 2009.
5. Burbeck, S. *Applications Programming in Smalltalk-80(TM): How to use Model-View-Controller (MVC)*. (TM) Smalltalk-80. 1997. Disponible en <[\[www.cs.uiuc.edu/users/smarch/st-docs/mvc.html\]\(http://www.cs.uiuc.edu/users/smarch/st-docs/mvc.html\)>. Consultado el 01/03/2013.](http://st-</div><div data-bbox=)

6. Campos, M. M., Morales, C., Thir, J. M., Herrera, S., *Sistema WEB de Información Hidrogeológica Basado en el Modelo Unificado de Visualización*. I. IX Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del Noa. ISSN 1853-7871. Santiago del Estero, Octubre 2013.
7. Deacon, J. *Model-View-Controller (MVC) Architecture*. Última revisión: 2009. Disponible en: <<http://www.jdl.co.uk/briefings/mvc.pdf>>. Consultado el 01/03/2013.
8. Denso Wave. *Qrcode.com*. Sitio oficial del Estándar QR Code. Disponible en: <http://www.qrcode.com/en/index.html>>. Consultado el 01/03/2013.
9. Emmanouilidis, C., Koutsiamanis, R.A., Tasidou, A. *Mobile guides: Taxonomy of architectures, context awareness, technologies and applications*. Journal of Network and Computer Applications. Volume 36, Issue 1, Pages 103–125. Elsevier, January 2013.
10. Fortier, A., Rossi G., Gordillo S., Challiol, C. *Dealing with Variability in Context-Aware Mobile Software*. Journal of Systems and Software 83(6): 915-936 (2010).
11. Fennema, M., Palavecino, R., Herrera, S. y Najjar Ruiz, P. *Métodos, Técnicas y Herramientas para Optimizar la Calidad de los Sistemas Móviles*. XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC). ISBN 978-987-633-134-0. Salta. 2015.
12. Gallo, F. R., Palavecino, R. A., Herrera, S. I. *Evaluación de la Usabilidad en sistemas E-Cultura*. 2° Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información. ISSN 2346-9927. San Luis, Argentina. Noviembre, 2014.
13. Herrera, S. I., Najjar, P., Morales, M.I., Sanz, C. y Fennema, M. C. *Educ-Mobile. Juego educativo colaborativo para m-learning*. DEMO. Congreso TE&ET. ISBN 978-987-28186-0-9. Chilecito, La Rioja. 2014.
14. Herrera, S. I. y Sanz, C. *Collaborative m-learning practice using Educ-Mobile*. International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS). Ed. IEEE. Pp 363 – 370. ISBN: 978-1-4799-5157-4. Minneapolis, MN, USA. 2014.
15. Herrera, S. I., López, G., Ríos, M. *Nuevas Tecnologías Móviles para la Gestión del Conocimiento*. Primer Congreso Internacional Gran Chaco Americano (CONGRACHA 2014). Santiago del Estero. Noviembre, 2014.
16. Herrera, S. I., Gallo F., Najjar Ruiz, P. J. *Accesibilidad en Aplicaciones Móviles para turismo*. Segundo Congreso Argentino de Interacción Persona Computadora, Telecomunicaciones, Informática e Información Científica. ISBN 978.88.96.471.25.8. Córdoba, Nov. 2013.

17. Herrera, S. I., Najar Ruiz, P. J., Rocabado, S. H., Fennema, M. C., Cianferoni, M. C., Optimización de la Calidad de los Sistemas Móviles. Workshop en Investigación en Ciencias de la Computación, WICC. ISBN 978-987-28179-6-1. Paraná 2013.
18. Herrera, S. Najar, P. Contreras, N. Fennema, C., Lara, C., Marco Sistémico para el Desarrollo de Aplicaciones de m-Turismo. IX Congreso Brasileiro de Sistemas. Palmas, Tocantis, Brasil. ISBN 978-85-89102-43-8. Octubre 2013.
19. Herrera, S. I., Najar Ruiz, P. J., Ledesma, E., Rocabado, S. Sistema de Información Móvil para Turismo Receptivo. Revista Gestao e Conhecimento, Edición Especial, Anales del 8° Congresso Brasileiro de Sistemas. ISSN 1808-6594. Pozo de Caldas, Octubre 2012.
20. Herrera, S. I., Fennema, M. C., Rocabado, S., Goñi, J., Optimización de la calidad de los Sistemas Móviles mediante la implementación de nuevas arquitecturas, realidad aumentada, técnicas de visualización y redes móviles Ad-Hoc. L. Workshop en Investigación en Ciencias de la Computación, WICC. ISBN 978-950-766-082-5. Posadas, Abril 2012.
21. Herrera, S. I. & M. C. Fennema. Tecnologías Móviles Aplicadas a la Educación Superior. Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. La Plata, 2011.
22. Herrera, S. I., J. L. Goñi & M. C. Fennema. El m-learning en la educación universitaria de posgrado. Jornadas de Ingeniería del NOA. Catamarca, 2011.
23. International Standar Organization. ISO/IEC 25000. Estándares de Calidad del Software. 2011.
24. International Standar Organization. Norma ISO/IEC 12207. Procesos de Ciclo de Vida del Software. 2011.
25. Komatineni, S., MacLean, D. Pro Android 4. Ed. Apres. ISBN 1430239301, 9781430239307. 2012.
26. Lliteras, A., Challiol, C., Gordillo S. Juegos Educativos Móviles Basados en Posicionamiento: Una Guía para su Conceptualización. 13th Argentine Symposium on Software Engineering, 41 JAIIO, La Plata, 2012.
27. Lliteras, A., Challiol, C., Mostaccio, C., Gordillo S. Representaciones enriquecidas para la navegación indoor-outdoor en aplicaciones móviles. XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. La Plata, 2011.
28. Najar, P., Ledesma, E., Rocabado, S., Herrera, S., Palavecino, R. Eficiencia de aplicaciones móviles según su arquitectura. CACIC 2014. ISBN 978-987-3806-05-6. La Matanza, Buenos Aires. Octubre, 2014.
29. Pernici, B. Mobile Information Systems. Infrastructure and Design for Adaptivity and Flexibility. Ed. Springer-Verlag, Germany, 2006.
30. Piattini M., García F. y Caballero I. Calidad de Sistemas Informáticos. AlfaOmega, México, 2007.
31. Pikkariainen, M. Mapping Agile Software Development on to ISO 12207. Information Technology for European Advancement. Febrero, 2006. Disponible en: <http://www.agile-itea.org/public/deliverables/ITEA-AGILE-D2.9_v1.0.pdf>. Consultado el 01/03/2013.
32. Rahimian, V. Performance evaluation of mobile software systems: Challenges for a software engineer. 5th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control CCE. Noviembre, 2008.
33. Rahimian, V., Ramsin, R. Designing an Agile Methodology for Mobile Software Development: A Hybrid Method Engineering Approach. The Second IEEE International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS). Junio, 2008.
34. Reza B'Far. Mobile Computing Principles. Cambridge University Press, 2005.
35. Richard, P., *Sistema Guia Para Personas Con Deficiencia Visual*. XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2013). ISBN 978-987-23963-1-. Mar del Plata, Octubre 2013.
36. Richard, P., *Sistema Guia Para Personas Con Deficiencia Visual*. XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2013). ISBN 978-987-23963-1-. Mar del Plata, Octubre 2013.
37. Rodríguez, R., Vera, P., Martínez, M., Verbel de la Cruz, L., Vallés, F. Construcción de aplicaciones móviles con acceso al hardware de los dispositivos. XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC). ISBN 978-987-633-134-0. Salta. 2015.
38. Schiller, J. H., Voisard, A. Location-Based Services. Ed. Elsevier. ISBN 0080491723, 9780080491721. 2004.
39. Talukder, A.K., Ahmed, H., Yavagal, R. Mobile Computing: Technology, Applications, and Service Creation. 2° Edición. McGraw-Hill communications engineering series. ISBN 9780070144576. 2010.
40. Vainio, A. M., Tuunanen, T., Abrahamsson, P. Developing Software Products for Mobile Markets: Need for Rethinking Development Models and Practice. In Proc. of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'05). Enero, 2005.
41. Zhang, L., B. Tiwana, Z. Qian. Accurate Online Power Estimation and Automatic Battery Behavior Based Power Model Generation for Smartphones. ACM, 2010.