

Mobile Application Development Approaches: A Systematic Mapping Study

Iris Galeano, Jorge Casariego, Mauricio Merín and Magalí González

Departamento de Electrónica e Informática

Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”

Asunción, Paraguay

Email: {iris.ariana07, jorge.casariego}@gmail.com, {mauricio_merin, mgonzalez}@uca.edu.py

Abstract—The rapid growth in demand for mobile devices has aroused the interest of the software industry on how to address the development of mobile applications for these devices. The right choice of a methodology to guide the various activities to be made throughout the project can ensure its success. In order to know what the current proposals for the development of mobile applications are, a systematic mapping study which covered studies between 2007 and 2015 has been conducted. From this mapping, several studies have been selected; their contributions have been analyzed from different edges: goals, strengths, weaknesses, results, recommended tools, among others. The study showed that, although there are several proposed methodologies, most do not fit the life cycle of mobile application development; thus, adaptations and mergers of existing methodologies have to be made.

Index Terms—Mobile application, methodology, tools, type of mobile development, SMS.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de dispositivos móviles ya no es novedad, principalmente el uso de teléfonos inteligentes, sin embargo los números que arrojan las estadísticas con respecto al crecimiento de la tecnología móvil en los últimos años y las previsiones impresionan cada vez más. El artículo presentado por Danyl Bosomworth (2015) refleja que a mediados del 2013 las curvas de crecimiento del número global de usuarios de dispositivos móviles y de escritorio se invirtieron, superando la primera a la segunda, esta tendencia se mantiene hasta la fecha y parece que no se detendrá [6]. Según Gartner, para el 2018, más de 50% de los consumidores usarán preferentemente un dispositivo móvil para realizar las actividades online [2]. La descarga de aplicaciones tampoco quedó atrás, desde el 2013 se viene superando ampliamente la cantidad de 100 billones de aplicaciones descargadas a nivel mundial por año [33].

Gracias a su capacidad de comunicación, de acceso a la red en cualquier lugar y hora, movilidad, autonomía, los dispositivos móviles están permitiendo realizar prácticamente cualquier actividad. Entre las actividades más destacadas podemos citar: compras electrónicas, transacciones bancarias, interacción con otro usuario en cualquier lugar del mundo, medio de entretenimiento. Y no se trata sólo de aplicaciones para uso personal, cada vez más, las empresas adoptan la utilización de aplicaciones como una herramienta útil para

facilitar las labores de sus empleados, mejorar las relaciones con los proveedores y acercarse más a sus clientes.

Este gran auge móvil lleva a plantearnos una pregunta relevante: ¿Cómo encarar el completo desarrollo de aplicaciones móviles a fin de conseguir los mejores resultados para el lanzamiento a los usuarios? El primer paso para cualquier proceso de desarrollo de software debe consistir en la selección o diseño de un modelo apropiado a ser seguido en los pasos sucesivos [8]. Desde décadas atrás han existido diversos modelos de procesos de software y metodologías que han servido como guía para los ingenieros de software sobre el orden en el cual varias actividades técnicas deben ser llevadas a cabo a lo largo del proyecto a fin de evitar fracasos. El problema radica en que estos modelos y metodologías son anteriores al florecimiento de las aplicaciones móviles, por tanto no abarcan de forma completa el ciclo de vida de las mismas y en muchos casos deben adaptarse a las peculiaridades de cada proyecto, utilizando metodologías híbridas, o tomando lo mejor de cada enfoque para utilizarlo en la fase que mejor se aplique [9].

Con el fin de conocer los enfoques utilizados actualmente para hacer frente a proyectos de desarrollos de aplicaciones móviles se realizó un mapeo sistemático de la literatura (SMS, *Systematic Mapping Study* [39]). Se ha considerado importante realizar un SMS ya que permite estudiar la literatura de manera formal, aplicando una metodología rigurosa y extendida en la comunidad científica.

El resto del trabajo está estructurado de la siguiente forma: la sección II presenta las características de los dispositivos y aplicaciones móviles. El apartado III presenta los trabajos relacionados con la presente investigación. Las siguientes secciones corresponden a las actividades descriptas en [39] para la realización de un SMS. En la sección IV se tratarán las tareas abarcadas para la definición del protocolo del mapeo. En el apartado V se aplicará el protocolo definido previamente. Por último, en la sección VI, se ilustrarán las conclusiones obtenidas y futuros trabajos.

II. DESARROLLO DE APLICACIONES PARA DISPOSITIVOS MÓVILES

El desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles se ha convertido en los últimos años en un mercado muy valioso para la industria del software gracias a la masificación de los dispositivos móviles, los cuales se

presentan cada vez con mayores prestaciones. Sin embargo, la industria de desarrollo de aplicaciones móviles se encuentra ante ciertos desafíos a considerar y resolver, puesto que las aplicaciones móviles son diferentes a las aplicaciones tradicionales. Al respecto, Wasserman (2010) identifica: potencial interacción con otras aplicaciones del dispositivo; manipulación de sensores (acelerómetro, GPS, micrófono, entre otros.); diversos tipos de aplicaciones (nativas, web, híbridas); familias de plataformas de hardware y software; los dispositivos móviles son sistemas “abiertos”, por lo que la seguridad se podría ver afectada mediante la instalación de aplicaciones malware; delineamientos propios de la interfaz de usuario de la aplicación; complejidad de testeo y control de consumo de energía [41].

Gartner (2014) destaca que el diseño de la interfaz de usuario es tan importante como el flujo de trabajo y la capacidad de respuesta de la aplicación. Así mismo, para una aplicación móvil, cada sistema operativo puede comportarse de manera diferente, dependiendo del dispositivo en el que se está utilizando y la red inalámbrica a la que se conecta. Por lo tanto, las pruebas de aplicaciones móviles deben llevarse a cabo a través de una combinación de tipos de dispositivos y sistemas operativos. Se debe emplear, como mínimo, un enfoque de dos niveles de prueba: en los simuladores de dispositivos y en un subconjunto de los últimos dispositivos o los más populares, porque los simuladores no siempre producen la misma experiencia del usuario que los dispositivos físicos. Según Gartner, las aplicaciones tradicionales una vez desplegadas son relativamente estables, sin embargo, las aplicaciones móviles necesitan ser revisadas con frecuencia para conocer las expectativas del usuario final [1].

Según los resultados del estudio de Joorabchi (2013) existe una tendencia a la fragmentación antes que a la unificación de la tecnología móvil. No se trata solo de fragmentación entre plataformas, sino también de una fragmentación dentro de la misma plataforma, diferentes memorias, velocidad de CPU, resolución gráfica, lo cual se convierte en un gran desafío para el desarrollo y testeo de la aplicación [20].

III. TRABAJOS RELACIONADOS

Han sido evaluadas revisiones de la literatura referentes a los modelos de procesos y/o metodologías utilizados para el desarrollo de aplicaciones móviles a modo de determinar si es justificable realizar otro mapeo.

Osborne *et al.* (2014) presenta una revisión sistemática de la literatura (SLR) centrada en los procesos de software utilizados en el desarrollo de juegos móviles, en la cual menciona que los modelos ágiles como Scrum y XP son adecuados para el conocimiento intensivo del dominio del desarrollo del juego donde la innovación y la rapidez del mercado son vitales [28].

La revisión realizada por Hosbond *et al.* (2005) categoriza las contribuciones de los estudios seleccionados en cuatro perspectivas divididas en distintas áreas: la perspectiva de requerimientos (técnicas de modelado, estudios de diseño), la perspectiva tecnológica (comunicación inalámbrica,

arquitectura y seguridad), la perspectiva de la aplicación (aplicación) y la perspectiva de negocio (estudios de adopción y difusión, modelos de negocios y alianzas estratégicas). Destacan la importancia de los desafíos tecnológicos en el desarrollo de sistemas móviles, sin embargo las investigaciones en estas áreas no están bien conectadas con las tareas de desarrollo. Esta revisión menciona que el desarrollo de sistemas tradicionales se centra en tareas de desarrollo a nivel de proyecto con muy poco foco en las tareas de desarrollo a nivel de compañía o a nivel de desarrollo inter-organizacional. Sin embargo, el desarrollo de aplicaciones móviles se centra fuertemente en la perspectiva de negocio lo que extiende el alcance hacia niveles de organización superiores [17].

Por último, el estudio de Corral *et al.* (2013) busca conocer el estado del arte de los procesos y técnicas referentes a la garantía de calidad del producto de software para móviles basado en las prácticas de control de calidad de software. Identifica y categoriza las prácticas en tres familias, cada una de ellas divididas en sub-familias: prácticas orientadas a procesos (ágil, no ágil), prácticas orientadas a producto (basada en estándares, basada en métricas, basada en testeo), prácticas orientadas a implementación (patrones de diseño y las buenas prácticas). Destacan que las metodologías y técnicas revisadas llaman la atención en cuanto a la necesidad de adaptación de los procesos y las prácticas de uso general a las necesidades específicas del ecosistema móvil. El estudio concluye que las prácticas actuales de calidad de software para móviles han evolucionado mediante la adaptación de las prácticas de metodologías ágiles y basadas en plan, la incorporación de medición del producto, mejores prácticas, técnicas de prueba, patrones de diseño, y otras consideraciones similares [9].

La SLR de Osborne *et al.* se centra exclusivamente en el desarrollo de aplicaciones de juegos, no abarca otro tipo de aplicaciones. La revisión presentada por Hosbond *et al.* data del 2005, a la fecha la evolución de la tecnología móvil ha sido considerable. Si bien el trabajo de Corral *et al.* gira alrededor de una pregunta de investigación abarcando la búsqueda de estudios primarios hasta 2012, se consideró necesaria la realización del presente SMS de modo a incluir artículos más recientes dado el vertiginoso crecimiento de las aplicaciones en los últimos años.

IV. PLANIFICACIÓN DEL MAPEO

El objetivo principal de la planificación es especificar todos los aspectos que harán que el mapeo sea sistemático y riguroso, tratando de evitar sesgos o ambigüedades, y que se detallan en lo que se denomina *protocolo del mapeo* [39]. Los principales elementos que componen dicho protocolo son: preguntas de investigación; estrategia de búsqueda; criterios de selección de estudios; procedimiento para la selección de estudios; procedimiento para la evaluación de estudios; estrategia para la extracción de los datos y procedimiento para la síntesis de los datos extraídos. Estos elementos son detallados a continuación.

A. Preguntas de investigación.

Las preguntas de investigación formuladas para el presente mapeo se visualizan en la Tabla I junto a su motivación.

TABLE I
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y SUS MOTIVACIONES.

Preguntas de investigación	Motivación
PI1. ¿Cuáles son los enfoques (metodologías, modelos de procesos, paradigmas) utilizados para el desarrollo de software móvil?	Descubrir cuáles son los enfoques utilizados por la industria del software para el desarrollo de aplicaciones móviles.
PI2. ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades de los principales enfoques propuestos?	Evaluar las fortalezas y debilidades de las principales propuestas.
PI3. ¿Cuáles son los objetivos perseguidos al aplicar los enfoques propuestos?	Descubrir cuáles son los objetivos de mayor interés buscados al aplicar estos enfoques y cuáles son los más desatendidos.
PI4. ¿Cuáles son las herramientas utilizadas por los enfoques propuestos?	Conocer las herramientas empleadas o recomendadas para las distintas etapas del desarrollo móvil.
PI5. ¿Qué tipos de aplicaciones abarcan los enfoques propuestos?	Descubrir el desarrollo de qué tipos de aplicaciones presentan las distintas propuestas.
PI6. ¿Qué tipo de desarrollo de aplicaciones llevan adelante los enfoques utilizados?	Determinar si las propuestas apuntan al desarrollo de aplicaciones a medida o aplicaciones comerciales.
PI7. ¿Fueron estas propuestas definidas pensando en el ciclo de vida de un proyecto de software móvil?	Determinar si las propuestas fueron adaptadas al ciclo de vida de un proyecto de aplicación móvil o fueron concebidas atendiendo todas las etapas de este tipo de proyectos de software.
PI8. ¿Cuáles son los resultados obtenidos tras aplicar estas propuestas?	Conocer los resultados de los proyectos siguiendo el enfoque propuesto.

B. Estrategia de búsqueda.

Se realizó una búsqueda automática en el periodo comprendido entre 2007 y 2015 en las siguientes fuentes: *IEEE Digital Library*, *ACM Digital Library*, *Springer*, *ScienceDirect*, *Wiley Online Library*, *SAGE Journals* y *Thomson Reuters*. Las primeras cuatro librerías fueron escogidas por ser consideradas las principales fuentes digitales de la Ciencia de la Computación, mientras que las últimas tres fueron incluidas porque formaban parte de las librerías digitales del portal ofrecido por la CONACYT¹, con cuyo acceso se contaba al momento de la realización de este mapeo. Se consideró seleccionar estudios publicados en las principales librerías digitales como criterio para asegurar la selección de estudios de cierta calidad.

En el 2007 se lanza el primer iphone y desde el 2008 hasta el 2011 fueron apareciendo las principales tiendas

¹Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, organismo generador, promotor y articulador de la Ciencia, la Tecnología, la Innovación y la Calidad en Paraguay.

de aplicaciones móviles, permitiendo a terceros realizar aplicaciones para subirlas a estas tiendas, por lo que no tuvo sentido indagar en trabajos de aplicaciones móviles antes de estos años.

Inicialmente se definieron los términos principales, sinónimos o términos relacionados con los términos principales que se muestran en la Tabla II, las mismas fueron definidas atendiendo las preguntas de investigación apuntando a identificar estudios referentes a metodologías, modelos de procesos, prácticas o enfoques en general referentes al desarrollo de aplicaciones móviles. Fue incluido el término *app* por ser una terminología muy utilizada en este contexto.

TABLE II
TÉRMINOS DE LA CADENA DE BÚSQUEDA INICIAL.

Términos Principales	Términos alternativos
process model	process model OR methodology OR paradigm OR approach OR practice
mobile application	app OR mobile software OR ios OR android OR windows

A partir de la Tabla II fue definida la cadena de búsqueda que se describe a continuación:

“(process model OR methodology OR paradigm OR approach OR practice) AND (mobile application OR app OR mobile software OR ios OR android OR windows)”

Dicha cadena se aplicó a las fuentes de búsquedas especificadas y el número de artículos encontrados fue muy grande para poder analizarlos. Por ejemplo: la librería de Springer dentro de la disciplina de Computer Science arrojó 94,587 resultados. Por lo tanto fue necesario precisar más la cadena de búsqueda, quedando definidos finalmente los términos que se visualizan en la Tabla III. Para esta cadena se incluyó el término *development tool* atendiendo la pregunta de investigación 4 (PI4), además se incluyeron los términos *development* y *programming* a los términos *mobile application* y *mobile software* de modo a hacer más específica la búsqueda. Cabe aclarar que finalmente se decidió incluir el término *application* en lugar de *app* por ser esta primera más precisa.

TABLE III
TÉRMINOS DE LA CADENA DE BÚSQUEDA FINAL.

Términos Principales	Términos alternativos
process model	process model OR methodology OR paradigm OR approach OR practice OR method OR development tool
mobile application development	mobile application programming OR mobile software programming OR mobile software development

A partir de la Tabla III fue definida la cadena de búsqueda que se describe a continuación:

“(process model OR methodology OR paradigm OR approach OR practice OR method OR development tool) AND (mobile application development OR mobile application programming OR mobile software programming OR mobile software development)”

Esta cadena se aplicó en las fuentes indicadas, buscando en el título y en el resumen, en caso de que el buscador lo permitiera, en caso contrario se buscó en el texto completo.

C. Criterios de selección de estudios.

Se incluyeron artículos en inglés - idioma internacional utilizado en la investigación - que se refieran a modelos de procesos o enfoques utilizados para el desarrollo de aplicaciones móviles y publicados entre 2007 y 2015 en las principales librerías digitales. Para aquellos estudios que presentaron duplicados, se incluyó la versión más completa.

Se excluyeron artículos disponibles sólo en forma de resúmenes o presentaciones de PowerPoint, estudios duplicados, cuya principal contribución no se relacione con el desarrollo móvil o que mencione el desarrollo móvil de manera secundaria en los resúmenes.

D. Procedimiento para la selección de estudios.

La selección de los estudios primarios se realizó en dos etapas: aplicando los criterios de inclusión/exclusión, primeramente al leer los resúmenes de los estudios encontrados en la búsqueda de los estudios primarios, y luego al leer el texto completo de los estudios seleccionados en la primera etapa.

La selección de estudios fue realizada por el primer autor y posteriormente revisada por otros tres investigadores. De los tres investigadores que validaron el procedimiento uno es especialista en el desarrollo de aplicaciones móviles, otro es especialista en la ingeniería de software e implementación de back-end y el último es especialista en la ingeniería dirigida por modelos. 42% del total de los estudios seleccionados fueron verificados.

El proceso de validación de los investigadores consistió en la lectura completa de cada uno de los estudios asignados, entre los cuales se encontraban estudios incluidos así como descartados de este mapeo. En una planilla de validación cada investigador colocó sus justificaciones por las cuales aceptaría o rechazaría el estudio para el mapeo. En caso de discrepancias o dudas se resolvieron en conjunto con el primer autor.

E. Estrategia para la extracción de los datos.

El formulario de extracción de datos tiene dos partes, la primera con los metadatos de cada estudio primario: título, autores, nombre de la librería y año. Y la segunda (Tabla IV) con el esquema de clasificación de los estudios primarios definido en base a las preguntas de investigación (Tabla I), a excepción de las preguntas 2, 4 y 8 (PI2, PI4 y PI8), para las cuales se realizaron unas tablas resumiendo las respuestas encontradas.

La extracción de datos fue realizada por el primer autor y posteriormente revisada por los mismos tres investigadores que participaron en la validación de selección de estudios. 43% del total de los estudios seleccionados fueron verificados. El proceso de validación de la extracción de datos se realizó en base a los estudios primarios considerados como válidos para incluir en el mapeo, resultantes de la validación de selección de estudios. Cada investigador completó la planilla de extracción de datos atendiendo a las preguntas de investigación. En caso de discrepancias o dudas se resolvieron en conjunto con el primer autor.

TABLE IV
ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN DE ESTUDIOS PRIMARIOS.

Dimensiones	Categorías
Modelos de procesos	Cascada, Basado en Prototipo, Incremental, Espiral, Ágiles, Desarrollo Dirigido por Modelo, Desarrollo Dirigido por Pruebas, Desarrollo Rápido de Aplicaciones, otros enfoques.
Objetivos de las propuestas	Captura exhaustiva de requerimientos, entrega rápida de funcionalidades, documentación, reusabilidad, portabilidad, realimentación del cliente, otros objetivos.
Tipos de aplicaciones	Aplicación Nativa, Aplicación Web, Aplicación Híbrida.
Tipo de desarrollo	Desarrollo a medida, Desarrollo comercial.
Consideración del ciclo de vida de las aplicaciones	Sí, No (Deben adaptarse), Parcialmente.

F. Procedimiento para la síntesis de los datos extraídos.

Para el análisis, se han utilizado tablas y gráficos con los datos recolectados que han servido como base para dar respuesta a cada pregunta de investigación. En el caso de los gráficos los números que se presentan equivalen a *Cantidad/Porcentaje* de los estudios seleccionados que corresponden a cada respuesta dada.

Para responder a la pregunta de investigación 2 (PI2) se presenta una tabla resumen con las fortalezas y debilidades de las principales propuestas identificadas. La pregunta de investigación 4 (PI4) es resumida en una tabla en la que se especifican las herramientas utilizadas o recomendadas por cada una de las propuestas. De igual manera se encaró la pregunta de investigación 8 (PI8), en la que se resumen los resultados obtenidos tras aplicar el enfoque, paradigma, modelo de proceso o metodología propuesto.

V. DESARROLLO DEL MAPEO

En esta sección se irán describiendo las principales tareas realizadas para ejecutar el protocolo definido recientemente: identificación y selección de los estudios; extracción de los datos relevantes; síntesis e interpretación de los datos.

A. Cronograma de actividades

La cronología del proceso para la realización de este mapeo se muestra en la Tabla V, por una cuestión de espacios este cronograma ha sido reducido, para más detalles sobre el mismo revisar el trabajo completo en la sección 3 ubicado en el repositorio creado para el presente SMS [12].

TABLE V
CRONOLOGÍA DE ACTIVIDADES.

Octubre - 2015	Noviembre - 2015	Diciembre - 2015
Definición del protocolo	Selección y recuperación de los estudios leyendo los títulos y resúmenes	Selección de estudios y extracción de datos leyendo el texto completo
Enero - 2016	Febrero - 2016	Marzo - 2016
Síntesis de los datos, reporte final (primer borrador) y correcciones varias	Incorporación de una pregunta de investigación y extracción de datos	Síntesis de los datos, verificación final, reporte final

B. Identificación y selección de los estudios primarios

Las cadenas de búsquedas aplicadas en todas las fuentes especificadas arrojaron en total 601 artículos entre los años 2007 y 2015. La búsqueda se aplicó en el título y el resumen del artículo en aquellas librerías digitales que lo permitían, para las que no permitían se buscó la cadena en el texto completo. La Tabla VI presenta el resumen de la búsqueda resultante en cada librería seleccionada. Como se visualiza se indica la cantidad de estudios arrojados como resultados de aplicar la cadena de búsqueda en cada librería.

TABLE VI
RESUMEN DE ESTUDIOS PRIMARIOS OBTENIDOS Y SELECCIONADOS DE LAS LIBRERÍAS DIGITALES.

Librería Digital	Resultados arrojados	Seleccionados (1 Fase *)	Seleccionados (2 Fase **)
IEEE	26	7	3
SAGE	1	1	0
WILEY	84	1	1
Thomson Reuters	18	3	1
Springerlink	399	27	19
ACM Digital Library	63	2	2
ScienceDirect	10	2	2
TOTAL	601	43	28
DESCARTADOS		558	15
*Fase 1. Selección de estudios leyendo el resumen del estudio.			
**Fase 2. Selección de estudios leyendo el texto completo del estudio.			

De los 601 artículos arrojados por las librerías, luego de leer sus resúmenes y excluir los que no tenían relación con metodologías o enfoques para el desarrollo de aplicaciones móviles, quedaron 43 artículos (correspondientes a la Fase 1). Una vez leído el texto completo se aplicaron los criterios de inclusión/exclusión a los 43 artículos seleccionados, quedando

finalmente 28 artículos seleccionados para la realización de este mapeo (correspondientes a la Fase 2).

Los 43 estudios primarios seleccionados tras la Fase 1 junto a sus metadatos se encuentran en el repositorio del SMS [12], además se encuentran señalados los 28 estudios incluidos y los 15 estudios descartados. Algunos de los motivos por los cuales los estudios primarios fueron descartados son:

- 1) Estudios duplicados; disponibles sólo en formato de presentación; no redactados en inglés.
- 2) Estudios cuyo tema principal no se relacionaba con el desarrollo de aplicaciones móviles. Ejemplos:
 - Estudio centrado en los métodos de análisis de transformación de modelos que toma como caso de prueba un proyecto de aplicación móvil.
 - Estudio centrado en el análisis de las tendencias de herramientas de desarrollo, portales y los niveles de integración de plataformas.
 - Estudio que presenta una herramienta que determina cuál es la tecnología más apropiada para el contexto de una aplicación dada.

C. Extracción de los datos relevantes

A medida que se leían los estudios durante la Fase 2 se iba completando el formulario de extracción de datos a fin de responder a cada una de las preguntas de investigación.

En el repositorio se encuentra el formulario de extracción de datos con la respuesta de cada estudio primario a las preguntas de investigación [12]. Es importante destacar que no todas las preguntas eran respondidas por cada estudio seleccionado, a pesar de ser relevante para el mapeo en los otros aspectos. Para estos casos se utilizaron las etiquetas "No especifica" o "No aplica" según ameritaba cada caso.

D. Síntesis e interpretación de los datos extraídos

En esta sección se presenta la síntesis e interpretación de la información almacenada en el formulario de extracción de datos con el objetivo de responder a las preguntas de investigación. Cabe aclarar que en algunas tablas los estudios figuran más de una vez, esto porque el estudio clasificaba en más de una dimensión.

Algunas de las tablas presentadas en esta sección han sido reducidas por una cuestión de espacio, las mismas han sido etiquetadas con un * (asterisco) al final del nombre de la tabla, para más detalles sobre las mismas acudir al trabajo completo en la sección 3.3 ubicado en el repositorio del SMS [12].

1) *PII. Enfoques utilizados para el desarrollo de aplicaciones móviles:* Como refleja la Tabla VII, la mayoría de las propuestas para el desarrollo de software móvil se centran en **Desarrollo Dirigido por Modelos** y enfoques **Multiplataformas**, representando cada uno el 21% de los estudios primarios seleccionados. En segundo lugar, con un 18% se encuentra el **Desarrollo Ágil con Desarrollo Iterativo** propuesto por 5 estudios. Los restantes enfoques propuestos representan menos del 10% y se pueden visualizar en la tabla. Además se indican cuáles son los estudios primarios clasificados en cada uno de los enfoques propuestos.

Cabe aclarar que el proceso de clasificación de los estudios primarios en las diferentes categorías que se mencionan en la Tabla VII no fue sencilla, esto debido a que numerosos de los artículos seleccionados se limitaban a describir en qué consistía la solución o las actividades a realizar a lo largo del proceso pero no mencionaban el tipo de enfoque base o metodología como tal que orientara la propuesta de solución. Así, por ejemplo, en la Tabla VII figura como un enfoque identificado *Proceso iterativo*, pese a que es general, dichos artículos no aportaban mayor información que permitiera una clasificación más acertada.

Si bien los resultados no mostraron una inclinación preferencial por ninguna propuesta, sobresalen los estudios sobre MDD, Multiplataforma y Metodologías ágiles, principalmente por las ventajas que presentan estas propuestas. Por un lado las dos primeras propuestas permiten generar una aplicación capaz de correr en múltiples plataformas, sin tener que desarrollar la misma aplicación desde cero para cada plataforma considerada. Por otro lado, las metodologías ágiles se caracterizan por capturar mejor los requisitos cambiantes y la gestión de los riesgos, su principal objetivo es reducir el tiempo de desarrollo. Estos aspectos son vitales para cualquier equipo de desarrollo que pretende llevar adelante algún proyecto de desarrollo de software. Cabe mencionar que sólo 2 de los 28 (7%) estudios seleccionados combinan MDD con la metodología ágil, lo que resulta llamativo ya que de combinarse ambas metodologías se podría obtener lo mejor de ambos enfoques. Los resultados también arrojaron artículos referentes a las buenas prácticas en el contexto de desarrollo de aplicaciones móviles, al respecto Wasserman (2010) concluye como resultado de un estudio realizado, que los desarrolladores se adhieren muy bien a estas buenas prácticas, pero raras veces siguen un proceso formal de desarrollo. Su estudio indica que incluso los desarrolladores individuales están siguiendo un proceso similar a Scrum para el desarrollo de las aplicaciones [4].

2) *PI2. Fortalezas y debilidades de los enfoques propuestos:* Las Tablas VIII, IX y X describen las fortalezas y debilidades de los principales enfoques propuestos, según la respuesta anterior éstos son: el enfoque dirigido por modelo, el enfoque multiplataforma y el enfoque ágil con desarrollo iterativo. Cabe destacar que las fortalezas y debilidades identificadas fueron extraídas de los estudios primarios así como de bibliografías propias referentes a cada enfoque, esto último con el objetivo de enriquecer el contenido de esta pregunta de investigación. Además, las filas de las tablas no representan necesariamente rasgos positivos y negativos de un mismo aspecto sobre cada enfoque. La Tabla XI presenta un resumen comparativo de los principales enfoques identificados junto a sus criterios de comparación.

Las tablas expuestas dejan en claro que ninguna metodología es perfecta para los distintos proyectos de aplicaciones móviles desarrolladas. La elección de un enfoque está sujeto a un análisis minucioso del tipo de proyecto a llevar adelante, identificando las características del mismo y el enfoque que más se ajuste al proyecto puesto que cada

TABLE VII
ENFOQUES PROPUESTOS POR LOS ESTUDIOS PRIMARIOS.

Enfoque propuesto	Cantidad	Porcentaje	Estudio Primario
Enfoque Desarrollo Dirigido por Modelo	6	21%	[29] [37] [23] [38] [25] [35]
Enfoque multiplataforma	6	21%	[3] [11] [15] [31] [43] [18]
Enfoque ágil con desarrollo iterativo	5	18%	[40] [22] [14] [9] [34]
MDD y Enfoque ágil	2	7%	[19] [27]
Proceso iterativo	2	7%	[16] [21]
Patrones de diseño	2	7%	[9] [24]
Buenas prácticas	2	7%	[9] [26]
Modelo para toma de decisiones	1	4%	[42]
Enfoque de Pensamiento del diseño, Experiencia de Usuario y Usabilidad	1	4%	[10]
Entorno de Desarrollo Integrado (IDE)*	1	4%	[5]
Enfoque ágil y Enfoque dirigido por plan	1	4%	[13]
MobiPDA Perspective-Dissolve Approach	1	4%	[36]
Prácticas orientadas a productos: Evaluación del producto basada en estándar, en métrica, en testeo	1	4%	[9]
Enfoques no ágiles: M-Business Procedure Model, Modelo Espiral para el Desarrollo Móvil, Intel Mobile Application Development Framework	1	4%	[9]
*Si bien un IDE no es un enfoque como tal, fue incluido por ser el eje principal planteado por el estudio primario para el desarrollo de aplicaciones móviles.			

metodología posee sus ventajas y desventajas.

3) *PI3. Objetivos de los enfoques propuestos:* En la Tabla XII se listan los objetivos buscados por los enfoques propuestos por los estudios primarios seleccionados. Aquí, es importante notar que varios de los estudios clasifican en más de un objetivo, esto se debe a que la propuesta perseguía más de un objetivo. El 25% de los estudios seleccionados buscan la **Generación de la aplicación para múltiples plataformas**, ya sea a través de la generación de código o mediante la utilización de las distintas herramientas o frameworks disponibles para ello, las cuales se visualizarán en la siguiente sección, además de la **Reducción del tiempo de desarrollo de software**. El siguiente objetivo presente en el 21% de los estudios es la **Reducción de costos**. En 3º lugar, con el 18% la **Calidad del producto generado** es otro objetivo perseguido por 5 estudios primarios. Más abajo, otros de los objetivos buscados por el 14% de los estudios son la **Entrega inmediata, el Desarrollo Sencillo y la Adaptación rápida a los cambios**.

El hallazgo de que el 25% de las propuestas se centren en el desarrollo multiplataforma y en la reducción de tiempo de desarrollo y costos no sorprende basándonos en los resultados

TABLE VIII
FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL ENFOQUE MDD*.

ENFOQUE DESARROLLO DIRIGIDO POR MODELO [7]	
Fortalezas	Debilidades
Aumento de la productividad del equipo de desarrollo gracias a la automatización (parcial) del proceso de desarrollo.	Falta de una teoría general del diseño de un lenguaje de modelado.
Las tecnologías necesarias para la incorporación de MDD han madurado en la última década.	Costo inicial elevado para introducir MDD en un ambiente de producción establecido.
Salvar la brecha de comunicación entre los requerimientos/análisis y la implementación.	Dificultad de mantener el modelo y el código en perfecta sincronización.
Reutilización del <i>expertise</i> , librerías, herramientas.	Divergencia entre la intención de diseño en el modelo y su implementación en código.
Elevar el nivel de abstracción de las especificaciones de modo a ser más cercano al dominio del problema.	Carencia de expertos en el área.
La capacidad de lenguajes de modelado de producir modelos lo suficientemente formales para ser utilizados en el diseño y análisis para hacer predicciones exactas.	Tratar de mantener el modelo para dar seguimiento a la aplicación implica sobrecargar aparentemente sin valor inmediato al equipo de implementación, quienes están normalmente trabajando bajo presión en los plazos de entrega.
Aumenta la descomposición y la modularización del sistema.	Herramientas complejas, tienen una elevada curva de aprendizaje y muchos de ellos son inflexibles y a menudo no interactúan con otras herramientas complementarias.
Adecuados para la documentación.	Centrado en las fases de diseño, análisis e implementación.
El modelo es mucho más fácil de entender y mantener que el código.	Resistencia al cambio.

TABLE IX
FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL ENFOQUE MULTIPLATAFORMA*.

ENFOQUE MULTIPLATAFORMA	
Fortalezas	Debilidades
La aplicación se desarrolla una vez y está disponible para más usuarios quienes utilizan diferentes plataformas.	Siguen bajo investigación y la mayoría de las herramientas comerciales están basadas en tecnología web como HTML5.
Facilidad de desarrollo ya que la aplicación es escrita una vez y es desplegada en diferentes plataformas.	Carencia de las últimas características introducidas por el sistema operativo (SO).
Reducción de costos ya que se necesita mantener un solo proyecto.	Las aplicaciones, normalmente, no proveen buena interacción y funcionalidades comparadas con las aplicaciones nativas.
En aquellos ambientes donde el tiempo de respuesta no es importante este enfoque provee aproximadamente el mismo nivel de satisfacción que los ambientes nativos.	En aquellos ambientes donde el tiempo de respuesta juega un papel fundamental este enfoque no es el indicado.
Reducción de esfuerzo y tiempo de desarrollo.	Enfoque centrado principalmente en la fase de desarrollo e implementación del software.
Facilidad de aprender y de utilizar.	

TABLE X
FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL ENFOQUE ÁGIL CON DESARROLLO ITERATIVO*.

ENFOQUE ÁGIL CON DESARROLLO ITERATIVO	
Fortalezas	Debilidades
Provee al equipo de desarrollo una guía clara para la producción de software sin perder ningún paso en el proceso.	En algunas entregas de software es difícil evaluar el esfuerzo requerido al comienzo del ciclo de vida de desarrollo del software.
Producción de software rápida y sencilla ya que los equipos deben entregar en periodos pequeños versiones funcionales del software.	Enfocado en el ciclo de vida del software tradicional: requisitos, análisis, diseño, implementación y testeo.
Interacción constante entre los miembros del equipo de desarrollo así como entre éste y el cliente.	Sólo los programadores de alto nivel son capaces de tomar el tipo de decisiones necesarias durante el proceso de desarrollo.
Rápida adaptación a los cambios.	Poca documentación.
Atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño.	

TABLE XI
TABLA COMPARATIVA DE LOS PRINCIPALES ENFOQUES PROPUESTOS.

MDD	MULTIPLATAFORMA	ÁGIL
Desventaja principal		
Lenguajes de modelado con semánticas débiles.	Carencia de las últimas características introducidas por los SO.	Difícil evaluación del esfuerzo inicial requerido.
Tipo de aplicaciones generadas		
Aplicación para múltiples plataformas.	Aplicación para múltiples plataformas.	Depende del enfoque utilizado en el desarrollo.
Facilidad de aprendizaje		
Curva de aprendizaje alta.	Facilidad de aprender y utilizar.	Desarrollo rápido y sencillo.
Consideración del ciclo de vida de aplicaciones móviles		
Enfocado en fases de análisis, diseño e implementación.	Enfocado en la fase de implementación.	Enfocado en el clásico ciclo de vida del software.

de la primera pregunta. Sin embargo, uno de los aspectos que sorprende es la baja presencia de estudios referentes a otros objetivos como la integración de las prácticas de marketing con el resto de las fases, la cual es un elemento clave actualmente para el éxito de una aplicación. Si bien las acciones de marketing están fuera del alcance del desarrollo de software, el ciclo de vida de una aplicación no finaliza con su llegada a los usuarios finales, sobre todo si la misma está dirigida al mercado de las masas, su éxito está determinado por las decisiones y pasos que se tomen a partir de este momento. Las distintas alternativas para monetizar o publicitar la aplicación deben analizarse detalladamente a fin de no convertirla en una *aplicación zombie*². Sólo 1 estudio primario consideró este aspecto dentro del ciclo de vida del software móvil.

Otro objetivo poco explotado hace referencia a la productividad del equipo de desarrollo, la carencia de soportes para la comunicación y colaboración entre los miembros de

²Aplicación que pasa desapercibida en las tiendas de aplicaciones, que nadie la descubre y por tanto nadie la utiliza.

los equipos de trabajo así como una mejor organización de las actividades durante el proceso de desarrollo, los cuales podrían incorporar riesgos innecesarios al proyecto, de allí que una metodología que asegure todo el trabajo y la eficiencia de los desarrolladores es vital.

TABLE XII
OBJETIVOS PERSEGUIDOS POR LOS ENFOQUES PROPUESTOS*.

Objetivo buscado	Cantidad	Porcentaje	Estudio Primario
Generar la aplicación para múltiples plataformas	7	25%	[37] [38] [25] [15] [31] [43] [18]
Reducir el tiempo de desarrollo de software	7	25%	[29] [37] [3] [9] [19] [24] [15]
Reducir costos	6	21%	[37] [11] [14] [19] [24] [15]
Calidad en el producto	5	18%	[14] [9] [19] [21] [26]
Entrega inmediata	4	14%	[11] [14] [38] [34]
Desarrollo sencillo	4	14%	[14] [24] [5] [31]
Adaptación rápida a los cambios	4	14%	[14] [9] [35] [27]
Mejores soportes para la comunicación y colaboración entre los miembros de los equipos de trabajo	3	11%	[40] [14] [13]
Automatización a través de la generación de código	3	11%	[29] [23] [38]
Usabilidad de la aplicación	3	11%	[16] [10] [43]
Mejorar la organización de las actividades durante el proceso de desarrollo	3	11%	[36] [27] [34]
Mejorar la experiencia del usuario	3	11%	[3] [16] [10]
Entrega incremental en periodos cortos	3	11%	[14] [9] [27]
Reducir el esfuerzo del equipo de desarrollo	2	7%	[37] [11]
La salida rápida del producto al mercado	2	7%	[37] [38]
Facilidad de mantenimiento	2	7%	[24] [15]
Mayor interacción con el usuario-cliente	2	7%	[14], [35]
Integrar las prácticas de marketing con el resto de las fases	1	4%	[14]

4) *PI4. Herramientas utilizadas por los enfoques propuestos:* Para responder a esta pregunta de investigación se realizó un resumen de todas las herramientas, frameworks, software y tecnologías utilizadas o recomendadas por los estudios primarios. Cabe recalcar que varios de los estudios no presentaban ninguna herramienta más allá de describir la propuesta, éstos representaron el 36% de los estudios

incluidos. La intención de esta pregunta fue proponer un conjunto de herramientas que futuros desarrolladores podrían considerar utilizando teniendo en cuenta recomendaciones del ámbito académico y sobre todo industrial.

Las herramientas identificadas se muestran en la Tabla XIII. Además de indicar la categoría y el nombre de las herramientas, las mismas se han agrupado de acuerdo a los principales enfoques identificados con el fin de otorgar una visión del conjunto de herramientas que apuntan cada uno de estos enfoques. Joorabchi (2013) destaca que las herramientas de testeo actuales no ofrecen el mismo nivel de soporte para las distintas plataformas a la vez que carecen de importantes características para las pruebas en los dispositivos móviles tales como la movilidad, servicios de localización, sensores, control de gestos, entre otros, por lo que el testeo se vuelve un reto significativo a lo largo del proyecto de desarrollo de aplicaciones. Por otro lado, son necesarias mejores herramientas para el monitoreo y análisis de determinadas métricas de las aplicaciones en desarrollo como administración de memoria, uso de batería, rendimiento de la red, entre otros [20].

5) *PI5. Tipo de aplicaciones de los enfoques propuestos:* La Fig. 1 presenta la cantidad/porcentaje del tipo de aplicaciones al cual están orientadas las diferentes propuestas. Este dato se consideró importante porque la manera de encarar el proyecto, sobre todo en las fases de diseño e implementación de la aplicación no son las mismas, sino que dependen del tipo de aplicación a desarrollar. Con 39%, las aplicaciones *Nativas* son las más nombradas en los estudios seleccionados. Sin embargo, se recalca el gran porcentaje de estudios que no especifica el tipo de aplicaciones al que su propuesta se adapta, la cual alcanzó también 39%, seguido de las aplicaciones *Híbridas* con 18% y finalmente las aplicaciones *Web* con 4%.

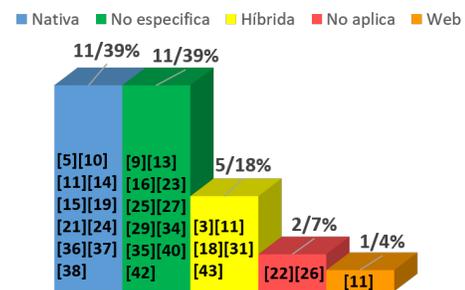


Fig. 1. Tipo de aplicaciones abarcadas por los enfoques propuestos.

Resulta difícil dar una respuesta exacta dado el alto porcentaje de estudios que no especifican el tipo de aplicación al que se ajusta su propuesta. El estudio realizado por Joorabchi *et al.* (2013) reflejó la misma tendencia, la mayoría de las compañías de software estaban a favor del desarrollo de aplicaciones nativas, seguidas por las híbridas y por último las web. En aquellas aplicaciones donde la experiencia de usuario y el uso de características específicas del dispositivo son necesarias la mejor alternativa son las aplicaciones nativas [20]. Así también el reporte realizado por

TABLE XIII
HERRAMIENTAS UTILIZADAS O RECOMENDADAS POR LOS ENFOQUES
PROPUESTOS*.

Categoría	Nombre de la herramienta
ENFOQUE DESARROLLO DIRIGIDO POR MODELO	
Generación de código para Android	GenCode
Generación de código	MAG (Mobile Application Generator)
Notación textual	Action Language for Foundational Subset of UML (ALF)
Framework de Modelado y generador de código	Eclipse Modeling Framework (EMF)
Generador de editores gráficos	Graphical Modeling Framework (GMF)
Lenguaje de programación basado en Java	xtend
Framework para desarrollo de lenguajes de programación y lenguaje de dominios específicos	xtext
ENFOQUE MULTIPLATAFORMA	
Desarrollo móvil multiplataforma	PhoneGap. Xamarin Studio. Appcelerator Titanium. RhoMobile Rhodes
Para debugging	Android Dalvik Debug Monitor Service (DDMS), Xcode Instruments, Firebug.
ENFOQUE ÁGIL CON DESARROLLO ITERATIVO	
Sistema para administración de proyectos	ChiliProject
Mockups	PowerPoint. Photoshop. Balsamiq. Microsoft Word
Creación, edición y colaboración de documento en línea	Google Docs
Calendarización de actividades	Google calendar
Creación de manual de usuario	Camstudio
USO GENERAL	
Control de Versiones	GIT. Sun java.net project repository
Programación en iOS	Xcode and iOS SDK
Programación en Android	Android Development Tools. API de Android. Android Emulator
IDE para Windows. GUI para aplicaciones para Window Phone	Microsoft Visual Studio
Formato para intercambio de datos	JSON

Appcelerator/IDC (2012) reveló que los desarrolladores están interesados principalmente en la construcción de aplicaciones nativas porque pueden utilizar las características nativas del dispositivo como ser: cámara, sensores, geolocalización, entre otros [32].

Sólo el 46% de los estudios seleccionados validaron su propuesta de forma empírica utilizando un caso de prueba, aplicando la metodología y validando los resultados obtenidos.

Los demás estudios no realizaron ninguna validación sino que se han limitado a presentar su propuesta. Los casos de prueba implementados pueden visualizarse en el formulario de extracción de datos ubicado en el repositorio [12].

6) P16. Tipo de desarrollo de aplicaciones de los enfoques propuestos: La Fig. 2 detalla la cantidad/porcentaje del tipo de desarrollo de aplicación seguido por las diferentes propuestas. El 86% no especifica si la metodología se aplica al desarrollo de una aplicación comercial (para el mercado masivo) o a medida. Este porcentaje está muy relacionado a la pregunta anterior en la cual se mencionaba que el 46% de los estudios validaron su enfoque por medio de un caso de prueba. Los estudios se limitaban a implementar el caso de prueba sin hacer alusión al tipo de desarrollo al que se ajustaba la propuesta. El 11% de los estudios especificaron que la propuesta se enfoca a aplicaciones comerciales, mientras que 4% a medida.

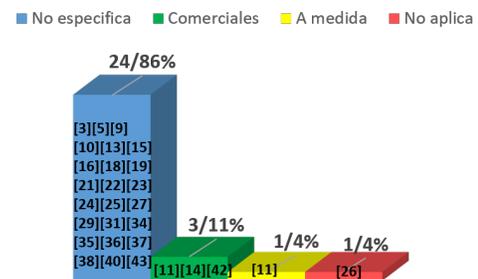


Fig. 2. Tipo de desarrollo de aplicaciones abarcadas por los enfoques propuestos.

Esta pregunta de investigación fue incluida en el mapeo ya que las condiciones para el desarrollo de aplicaciones a medida versus las condiciones de las aplicaciones para el mercado de las masas no son las mismas, esta diferenciación es importante. Cuando se habla de una aplicación a medida, la problemática o la necesidad ya están definidas así como el nicho del mercado, si bien forma parte del proyecto especificar claramente los requerimientos, los mismos tienden a ser más claros que las aplicaciones para el mercado de las masas. Con respecto a esto último, las aplicaciones para el mercado masivo tienen un requerimiento importante a considerar, sobrevivir en las tiendas móviles de modo a no convertirse en una aplicación zombie, sus funcionalidades deben atraer a los usuarios y sobre todo considerar a la competencia, añadiendo a la aplicación el valor diferencial. Los resultados señalan el poco interés de los investigadores en plantear esta diferenciación.

7) P17. Ciclo de vida de la aplicación móvil: La Fig. 3 indica la cantidad/porcentaje de estudios que consideraron el ciclo de vida de un proyecto de software móvil. El 39% de las propuestas son una adaptación o combinación de otras metodologías o enfoques. Por otro lado el 36% considera el ciclo de vida de forma parcial, es decir, se centra en una o solo algunas de las etapas del ciclo de vida móvil (requerimiento, diseño, implementación, etc), mientras que el 25% de los estudios consideran el ciclo de vida móvil. Con respecto a este último, la mayoría de las propuestas que consideraban el

ciclo de vida de las aplicaciones móviles según un enfoque ágil o iterativo.

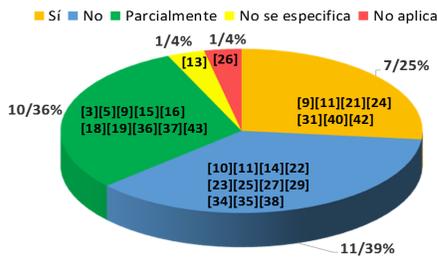


Fig. 3. Consideración del ciclo de vida del software móvil en los enfoques propuestos.

La figura muestra un claro orden, el 39% de los estudios proponen una metodología adaptando otras ya existentes no concebidas en un principio en base al ciclo de vida de un proyecto móvil. Al ser estas propuestas una adaptación, en muchos casos las mismas no se pueden aplicar en su totalidad a ciertos proyectos debido a que determinados aspectos no están cubiertos (sean roles, actividades, relaciones, etc.), generando ciertos riesgos y/o retrasos en las actividades del proyecto. Si bien el 36% plantea un enfoque pensando parcialmente en el ciclo de vida de un software móvil, amerita la implementación de una metodología o modelo de trabajo más robusto que permita incorporar soluciones prácticas y herramientas suficientes para vencer todas las problemáticas presentes en cada una de las etapas, tanto desde el punto de vista funcional y operacional de los dispositivos móviles como de la producción de la aplicación como tal.

8) *PI8. Resultados obtenidos de los enfoques propuestos:* Para responder a esta pregunta se realizó un resumen de todos los resultados obtenidos tras aplicar el enfoque propuesto. Los resultados se muestran en la Tabla XIV.

Los resultados reflejan un mayor esfuerzo en la generación de la aplicación para múltiples plataformas así como la automatización de la generación de código ejecutable a partir de los modelos siguiendo el enfoque MDD. Actualmente existe un gran número de vendedores de teléfonos inteligentes en el mercado y cada uno de ellos utiliza su propia plataforma, herramientas de desarrollo, métodos de distribución de las aplicaciones, etc. Entre estos vendedores encontramos Android, Windows Phone, iOS, BlackBerry OS, entre otros. Lo que siempre busca una compañía de desarrollo móvil es llegar al mayor número de usuarios, objetivo que se ve reducido al desarrollar la aplicación para una plataforma en particular. Si bien es posible que la compañía desarrolle en paralelo la misma aplicación para distintas plataformas, esto incurre en mayores costos así como mayor esfuerzo para el mantenimiento de todos los proyectos. Por tanto una alternativa es el desarrollo para múltiples plataformas mediante los frameworks existentes como PhoneGap, Appcelerator Titanium, Xamarin y otros (ver Tabla XIII). Sin embargo, es importante remarcar que estas herramientas generan

aplicaciones web o híbridas con sus respectivas desventajas frente a las aplicaciones nativas de los dispositivos móviles.

El otro resultado interesante arrojado es la generación de código ejecutable mediante enfoques de MDD. La base de la metodología lo constituyen los modelos, dejando para última instancia la generación de código para la plataforma seleccionada y centrándose en todos los aspectos de la lógica de negocio y aspectos de diseño sin hacer referencia a ninguna tecnología. Con esto el esfuerzo para el mantenimiento de la aplicación se reduce, ya que un cambio en las funcionalidades de la aplicación significaría un cambio en el modelo y la consecuente generación de código, no implicaría un cambio en el código de cada una de las plataformas.

Ambas propuestas resultan ventajosas en determinados aspectos, sin embargo están enfocados a ciertas etapas del ciclo de vida del software móvil. El enfoque multiplataforma se centra principalmente en la etapa de desarrollo mientras que el enfoque MDD en la etapa de diseño e implementación. Pocos estudios cubren la totalidad del ciclo de vida del proyecto, a la vez que prevalece la necesidad de definir criterios que determinen el éxito de una aplicación y las buenas prácticas a aplicar en cada etapa durante todo el ciclo de vida.

E. Amenazas a la validez

Las principales amenazas a la validez de un mapeo sistemático de la literatura son: el sesgo en la selección de artículos, la inexactitud en la extracción de datos y la clasificación errónea de los artículos seleccionados [39]. Una cobertura completa de todo lo escrito sobre el desarrollo de aplicaciones móviles resulta imposible. Para el presente SMS se han utilizado 7 librerías digitales a modo de asegurar la calidad de los artículos seleccionados, algunas de estas librerías son muy reconocidas en el campo de la Ingeniería de Software. Podría ocurrir que ciertos artículos relevantes hayan quedado sin incluir en base a la cadena de búsqueda definida, sin embargo, todos los términos de la cadena de búsqueda fueron escogidos exhaustivamente atendiendo cada pregunta de investigación. Las preguntas de investigación fueron definidas de antemano con el fin de garantizar un proceso de selección imparcial. La selección de estudios lo hizo una sola persona y la verificación fue realizada por los otros tres autores.

La extracción y clasificación de datos resultó difícil en principio por dos motivos: la falta de una terminología estándar que describa el enfoque propuesto y la subjetividad en la interpretación de las respuestas a determinadas preguntas de investigación. Varios estudios no utilizaban una terminología estándar del enfoque que proponían en sus trabajos lo que pudo haber dado lugar a una clasificación errónea. Por otro lado, muchas de las preguntas de investigación no estaban respondidas de forma explícita en el artículo, quedando a criterio del investigador elaborar una respuesta a determinadas preguntas en base al contenido completo del artículo leído. La extracción y síntesis de los datos lo hizo una sola persona, sin embargo con el fin de minimizar el riesgo de una mala extracción de datos y clasificación de estudios, una

TABLE XIV
RESULTADOS DE LOS ENFOQUES PROPUESTOS*.

Resultado	Estudio Primario
Archivos con código generado para la ejecución de la aplicación	[29] [37] [23] [19] [38]
Aplicación multiplataforma	[11] [15] [31] [43] [18]
Lista de factores de cumplimiento para la transferencia de conocimiento entre miembros de una organización	[40]
Simple código para la lógica de negocio y el contenedor lógico de negocio básico de cada plataforma	[3]
Modelo de procesos con los aspectos a tener en cuenta en cada etapa del proyecto	[22]
Proceso completo adaptado al desarrollo de aplicaciones para el mercado de masas	[14]
SMS sobre las prácticas de garantía de software para aplicaciones móviles. Resume el estudio en una clasificación de las prácticas: orientadas al proceso, al producto y a la implementación	[9]
Técnica para evaluar la factibilidad del desarrollo de una aplicación en base a factores determinantes	[42]
Desarrollo de una aplicación de negocio móvil de alta calidad en 2-4 semanas	[16]
Conjunto de diagramas de diseño	[21]
Conjunto de criterios para hacer exitosa una aplicación	[10]
Generación de la aplicación rápida y confiable en base a los 4 niveles de patrón de diseño	[24]
Evaluación de las buenas prácticas durante todo el ciclo de vida del desarrollo móvil	[26]
Con respecto al desarrollo multiplataforma enfoques basados en MDSD, muchas iteraciones de diseño e iteración serán necesarios antes de que herramientas de negocios estén disponibles	[25]
Generación rápida de la aplicación utilizando el IDE propuesto	[5]
Usabilidad de la metodología LAWA para el desarrollo de aplicación web y móvil	[35]
Modelo de trabajo que permite guiar a todo el equipo y sobre todo señalar los aspectos críticos del proyecto	[13]
1. Las actividades de la Exploración de Ideas provee útiles resultados en escenarios de la vida real 2. Los procesos de búsqueda de PrP resultan confusos a los desarrolladores no profesionales 3. Los desarrolladores no profesionales tienen a saltar la lectura de materiales e inician directamente trabajando con los artefactos de MobiPDA y crean resultados inexactos	[36]
1. Se obtiene la lista inicial de los objetivos de usuarios. 2. Prototipos en papel permiten detectar serios inconvenientes en cuanto a usabilidad.	[27]
Evaluación positiva de los distintos roles dentro del proyecto sobre la metodología scrum, pudiendo entregar el producto a tiempo dada las restricciones de tiempo y aprendizaje del desarrollo de aplicaciones móviles	[34]

posterior verificación de los mismos fue realizada por otros tres investigadores.

VI. CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS

Con el fin de tener un panorama claro sobre cómo la industria y la academia llevan adelante actualmente el desarrollo de aplicaciones móviles se ha indagado en la literatura realizando un mapeo sistemático de modo a no

generar sesgos en la recopilación de la información. Se han definido preguntas de investigación y buscado en librerías digitales renombradas con miras a obtener estudios primarios de buena calidad.

El análisis de los resultados obtenidos por cada pregunta de investigación ha demostrado que existen varias propuestas para el desarrollo de aplicaciones móviles, entre las que se destacan: el desarrollo dirigido por modelos, el desarrollo multiplataforma y el desarrollo ágil. Cada una de estas propuestas (así como otras menos referenciadas) ofrecen sus ventajas y desventajas, por lo que la elección final dependerá de los objetivos que se pretendan alcanzar y de los recursos disponibles para lograrlo. Es importante destacar que pocas son las propuestas que consideran el ciclo de vida del software móvil presentando una metodología que cubra las diferentes etapas y actividades que abarca un proyecto de este tipo de envergadura. Esto resulta interesante ya que el éxito de una aplicación está sujeta a la correcta ejecución de cada una de las actividades involucradas desde el momento de la concepción de la idea hasta que la aplicación se encuentra disponible a los usuarios finales. En este sentido, los fundamentos de la ingeniería de software deben reinventarse a fin de hacer frente a los desafíos descriptos a lo largo del trabajo.

Los resultados reflejados en este mapeo podrían servir de base para la definición de un enfoque metodológico para el desarrollo de aplicaciones móviles de determinado dominio (sea comercial o a medida), mediante la especificación de una metodología acorde al ciclo de vida de un proyecto de software móvil. Como se mencionó en la introducción, la selección de un modelo apropiado a ser seguido para la realización de las diversas actividades es tarea fundamental para encarar la construcción de cualquier software. Este enfoque debe ofrecer a los ingenieros de software así como a cualquier rol involucrado un modelo que contemple las características propias de las aplicaciones móviles a la vez que plantee los principios, buenas prácticas, recomendaciones y herramientas que eviten fracasos a lo largo del proyecto y permitan la entrega de aplicaciones de calidad.

Otro tema abierto es el análisis de la utilidad que las metodologías propuestas tienen en el ámbito industrial. El SMS demostró que existen varias alternativas de desarrollo, pero la cuestión es si éstas realmente pueden introducirse en proyectos de aplicaciones móviles reales, ofreciendo a las empresas una guía práctica para la realización de sus actividades. Al respecto, Picco *et al.* (2014) plantean una cuestión fundamental a la comunidad de la ingeniería de software, un análisis profundo de los procesos que están siendo adoptados actualmente por las grandes compañías como Google, Apple, los cuales podrían no ser totalmente consistentes con las prácticas tradicionales que todavía se enseñan en las universidades [30].

Otros focos para futura investigación, dado el gran potencial de la tecnología móvil, son los modelos utilizados para integrarla con otras áreas de la ciencia y tecnología como “mobile big data”, wearable computing, sistemas móviles en la robótica y las interfaces neuronales [30].

Los trabajos muestran que las validaciones empíricas son todavía escasas en este ámbito, el único caso de validación empírica encontrado fue el caso de prueba, éste por su naturaleza tiene sus debilidades. No se han encontrado métodos de validación más rigurosos como experimentos o casos de estudio. Éstos se convierten en un trabajo futuro interesante de modo a investigar de mejor manera el fenómeno del desarrollo de aplicaciones móviles en un contexto de la vida real.

REFERENCES

- [1] Gartner says traditional development practices will fail for mobile apps. <http://www.gartner.com/newsroom/id/2823619>, 2014.
- [2] El futuro próspero de los dispositivos móviles según gartner. <https://stefanini.com/es/2015/01/el-futuro-prospero-de-los-dispositivos-moviles-segun-gartner/>, 2015.
- [3] Timothy Yudi Adinugroho, Reina, and Josef Bernadi Gautama. Review of multi-platform mobile application development using webview: Learning management system on mobile platform. volume 59, pages 291–297. International Conference on Computer Science and Computational Intelligence (ICCCSI 2015), ELSEVIER, 2015.
- [4] S. Agrawal and A.I. Wasserman. Mobile application development: A developer survey, 2010.
- [5] Sakila Banu Ali and Nisar Hundewale. *Trends in Computer Science, Engineering and Information Technology*, pages 693–703. Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [6] Danyl Bosomworth. Mobile marketing statistics 2015. <http://www.smartinsights.com/mobile-marketing/mobile-marketing-analytics/mobile-marketing-statistics/>, 2015.
- [7] Marco Brambilla, Jordi Cabot, and Manuel Wimmer. *Model Driven Software Engineering in Practice*. Morgan and Claypool Publishers, Colorado, U.S.A., 2012.
- [8] Mehdi Jazayeri Carlo Ghezzi and Dino Mandrioli. *Fundamentals of Software Engineering*. Prentice-Hall, New Jersey 07458, U.S.A., 2003.
- [9] Luis Corral, Alberto Sillitti, and Giancarlo Succi. Software assurance practices for mobile applications: a survey of the state of the art. *Computing*, 97(10):1001–1022, 2015.
- [10] Danielly F.O. de Paula, Bianca H.X.M. Menezes, and Cristiano C. Araújo. *Design, User Experience, and Usability. User Experience Design for Diverse Interaction Platforms and Environments*, pages 313–322. Springer International Publishing, 2014.
- [11] Wafaa S. El-Kassas, Bassem A. Abdullah, Ahmed H. Yousef, and Ayman M. Wahba. Taxonomy of cross-platform mobile applications development approaches. ELSEVIER, 9 2014.
- [12] Iris Galeano, Jorge Casariego, Mauricio Merín, and Magalí González. Enfoques de desarrollo de aplicaciones móviles: Un mapeo sistemático de la literatura. <https://drive.google.com/folderview?id=0B5GfF1ckQYOMsDExMFFUNkYxdGs\&usp=sharing>, 2015.
- [13] Volker Gruhn and Matthias Book. *Mobile Web Information Systems*, pages 1–8. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [14] Alberto Heredia, Roberto Esteban-Santiago, Javier Garcia-Guzman, and Antonio de Amescua. Agile practices adapted to mass-market application development. *Journal of Software: Evolution and Process*, 26(9):818828, 2014.
- [15] Dan Hermes. *Xamarin Mobile Application Development*, pages 1–8. Apress, 2015.
- [16] Steffen Hess, Felix Kiefer, Ralf Carbon, and Andreas Maier. *Mobile Computing, Applications, and Services*, pages 1–20. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [17] Jens Henrik Hosbond and Peter Axel Nielsen. *Designing Ubiquitous Information Environments: Socio-Technical Issues and Challenges*, pages 215–232. Springer US, 2005.
- [18] Shah Rukh Humayoun, Stefan Ehrhart, and Achim Ebert. *Human-Computer Interaction. Human-Centred Design Approaches, Methods, Tools, and Environments*, pages 371–380. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [19] Xiaoping Jia and Chris Jones. *Software and Data Technologies*, pages 36–51. Springer Berlin, 2013.
- [20] Mona Erfani Joorabchi, Ali Mesbah, and Philippe Kruchten. Real challenges in mobile app development. pages 15–24, Baltimore, MD, 5 2013. 2013 ACM / IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, IEEE.
- [21] Byeongdo Kang, Jongseok Lee, Jonathan Kissinger, and Roger Y. Lee. *Software Engineering Research, Management and Applications*, pages 141–150. Springer International Publishing, 2015.
- [22] Haeng-Kon Kim. Instrument of security assurance for mobile software development life cycle. *Journal of Security Engineering*, 8(2):183–192, 2011.
- [23] Haeng-Kon Kim. *Computer Applications for Database, Education, and Ubiquitous Computing*, pages 58–71. Springer Berlin, 2012.
- [24] Woon-Yong Kim and Seok-Gyu Park. *Future Generation Information Technology*, pages 196–203. Springer Berlin, 2011.
- [25] Tim A. Majchrzak and Jan Ernsting. *Information Systems: Development, Applications, Education*, pages 15–31. Springer, 2015.
- [26] Euler Horta Marinho and Rodolfo Ferreira Resende. *Computational Science and Its Applications ICCSA 2012*, pages 632–645. Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [27] Bego na Losada Maite Urretavizcaya, Juan-Miguel López-Gil, and Isabel Fernández-Castro. Combining intermod agile methodology with usability engineering in a mobile application development. *Proceeding INTERACCION '12 Proceedings of the 13th International Conference on Interaccion Persona-Ordenador Article No. 39*, 2012.
- [28] Ann Osborne O'Hagan, Gerry Coleman, and Rory V. O'Connor. *Systems, Software and Services Process Improvement*, pages 182–193. Springer, New York, Philadelphia, 2014.
- [29] Abilio G. Parada and Lisane B. de Brisolara. A model driven approach for android applications development. pages 192–197. Computing System Engineering, 2012 Brazilian Symposium on, IEEE, 11 2012.
- [30] Gian Pietro Picco, Christine Julienz, Amy L. Murphy, Mirco Musolesi, and Gruia-Catalin Roman. Software engineering for mobility: reflecting on the past, peering into the future. *Proceeding FOSE 2014 Proceedings of the on Future of Software Engineering*, pages 13–28, 2014.
- [31] Raghu R. and Shobha K.R. *Global Trends in Computing and Communication Systems*, pages 291–299. Springer Berlin, 2012.
- [32] Appcelerator / IDC Q3 2012 Mobile Developer Report. Voice of the next-generation mobile developer. <http://www.appcelerator.com.s3.amazonaws.com/pdf/Appcelerator-Report-Q3-2012-final.pdf>, 2012.
- [33] Felix Richter. Global app downloads to pass 100 billion this year. <http://www.statista.com/chart/1474/global-app-downloads/>, 2013.
- [34] Christelle Scharff and Ravi Verma. Scrum to support mobile application development projects in a just-in-time learning context. *Proceeding CHASE '10 Proceedings of the 2010 ICSE Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*, pages 25–31, 2010.
- [35] Jaroslav Skrablek and Tom Pitner. *Business Information Systems Workshops*, pages 47–52. Springer Berlin, 2013.
- [36] Khoi-Nguyen Tran and Hong-Quang Nguyen. *Computational Science and Its Applications ICCSA 2013*, pages 232–247. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [37] Muhammad Usman, Muhammad Zohaib Iqbal, and Muhammad Uzair Khan. A model-driven approach to generate mobile applications for multiple platforms. volume 1, pages 111–118, Jeju, 12 2014. 2014 21st Asia-Pacific Software Engineering Conference, IEEE.
- [38] Steffen Vaupel, Gabriele Taentzer, Jan Peer Harries, Raphael Stroh, Rene Gerlach, and Michael Guckert. *Model-Driven Engineering Languages and Systems*, pages 1–17. Springer International Publishing, 2014.
- [39] Mario G. Piattini Velthuis, Marcela Fabiana Genero Bocco, and José Antonio Cruz-Lemus. *Métodos de investigación en ingeniería del Software*, pages 199–246. Ra-Ma, 2014.
- [40] Saa Vojvodi, Matteo Zovi, Veselin Rei, Hrvoje Marai, and Mario Kuek. Competence transfer through enterprise mobile application development. pages 448–452, Opatija, 5 2014. Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2014 37th International Convention on, IEEE.
- [41] Anthony I. Wasserman. Software engineering issues for mobile application development. *Proceeding FoSER '10 Proceedings of the FSE/SDP workshop on Future of software engineering research*, pages 397–400, 2010.
- [42] Pantelis Stylianos Yiasemis and Andreas S. Andreou. *Product-Focused Software Process Improvement*, pages 253–267. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [43] Alexander Zibula and Tim A. Majchrzak. *Web Information Systems and Technologies*, pages 16–33. Springer Berlin Heidelberg, 2013.