

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**INSTITUTO DE INGENIERÍA**



**Framework para actividades educativas colaborativas basadas en  
dispositivos móviles**

**T E S I S**

**que presenta para obtener el grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS**

**RENÉ GUADALUPE CRUZ FLORES**

**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. GABRIEL LÓPEZ MORTEO**

**MEXICALI, B. C.**

**DICIEMBRE DE 2010**

A ese pequeño gran ángel que siempre me cuida y me acompaña a donde quiera que voy: Emmanuelle.

A mis padres por todo su amor y esfuerzo para alcanzar esta meta y que nunca dudaron en apoyarme; los amo.

A mi compañera incondicional y el amor de mi vida Elsa Olivia, que con su amor, paciencia y comprensión permitió lograr esta meta compartida; Gracias!

A mis hermanas que con sus ánimos y confianza me inspiraron a seguir siempre adelante.

A mis sobrinos que con su sana inocencia y juventud me recuerdan que hay un futuro prometedor por el cual luchar.

A todas esas personas que algún día creyeron en mí y me alentaron a seguir adelante con sus consejos y opiniones;  
Gracias a todos!

## Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mi asesor, el Dr. Gabriel López por su invaluable apoyo y sin el cual este trabajo no hubiera sido posible, por todas las experiencias compartidas y todos los consejos para mejorar día a día, por mostrarme siempre el otro lado de la moneda y enseñarme el valor de compartir y crecer como persona y como profesional. Mil gracias Gabriel, por que además de un buen un asesor fuiste un gran amigo siempre dispuesto a ayudar.

A mi comité doctoral: Dra. Marcela Rodríguez, Dra. Magally Reyes, Dr. Juan Ivan Nieto, Dr. Juan José Tapia y la Dra. Larisa Burtseva por sus observaciones, comentarios y consejos para mejorar la calidad de este trabajo y el profesionalismo que mostraron en la revisión de mi tesis. Gracias.

En especial quiero agradecer a la Dra. Magally Reyes por todo el apoyo y facilidades para concluir de manera satisfactoria esta meta, además de alentarme a seguir adelante y que gracias a sus consejos tuve la inspiración para lograr esta meta. Gracias Magally.

Quiero agradecer también de manera muy especial al M. en E. Víctor Sánchez González quien con su apoyo, confianza y amistad me alentó a seguir y concluir esta meta en mi vida, por que siempre confió en que podría lograrlo y ahora es tiempo de compartir este logro. Muchas gracias Fis.

En especial a dos grandes amigos; Emmanuelle Ruelas y Antonio Romero, quienes han estado siempre que los he necesitado y que con un cariño de hermanos hemos compartido toda esta experiencia del doctorado. Muchas gracias por estar conmigo.

A todos mis amigos y compañeros: Rodolfo, Rosendo, Jonas, Lore, Vannesa, Brenda, Jorge, Ceci, Mariana, Martín, Luis, Rainier, Pamela, Edwin, Salvador, Araceli, Inés, Jonathan y a todos los demás amigos que por ser tantos no menciono, pero que saben que comparto con Uds. Este logro. Muchas gracias por su apoyo y amistad.

Al CONACYT, por el apoyo económico a través de la beca No. 206524.

**RESUMEN** de la Tesis de **René Guadalupe Cruz Flores**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de **DOCTOR EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**. Mexicali, Baja California, México. Noviembre de 2010.

## **FRAMEWORK PARA ACTIVIDADES EDUCATIVAS COLABORATIVAS BASADAS EN DISPOSITIVOS MÓVILES**

Resumen aprobado por:



Dr. Gabriel Alejandro López Morteo  
Director de tesis

El presente trabajo de tesis se presenta el diseño y desarrollo de un Framework para actividades educativas colaborativas basadas en dispositivos móviles, el cual está enfocado a auxiliar el proceso de diseño instruccional de actividades educativas que incluyan como parte importante de sus tareas, el uso de dispositivos móviles dentro o fuera del aula de clases. Así mismo el Framework (CA-Mobile Framework) provee un conjunto de librerías de software (API) para desarrollar las aplicaciones en software de tipo colaborativo que se requieran para apoyar la realización de las actividades educativas.

El CA-Mobile Framework mantiene durante todo el proceso de diseño y desarrollo de las actividades, un enfoque integral de los aspectos educativos y tecnológicos para que la actividad resultante responda a un objetivo educativo, donde su logro se dé a partir de la integración de dispositivos móviles como parte de su estrategia didáctica.

Por otra parte, en este trabajo se desarrolló el modelo de objetos educativos móviles (EMO), el cual incluye los aspectos educativos para los cuales fue diseñado el CA-Mobile Framework, así como sus características tecnológicas que permiten tener relacionados en una sola entidad aspectos de Objetos de Aprendizaje, Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras y Aprendizaje Móvil.

Así mismo, se articuló y diseñó un modelo de procesos para aplicar el CA-Mobile Framework, basado en seis etapas, incluyendo la especificación de los roles involucrados en el proceso de creación de actividades educativas colaborativas bajo éste enfoque, así como sus responsabilidades durante el proceso.

Se evaluaron diversos aspectos del CA-Mobile Framework a partir de tres experimentaciones; una desde la perspectiva docente e instruccional donde se evaluó la claridad y utilidad de la Referencia Documental del Framework, otra aplicando el modelo de procesos para crear una actividad educativa completa bajo el enfoque de los EMO, y finalmente una experimentación que permitió evaluar los aspectos de usabilidad, completitud y robustez del API que incluye el CA-Mobile Framework.

Los resultados de la primera experimentación permitieron determinar que la Referencia Documental del CA-Mobile Framework es considerada por los diseñadores instruccionales como de utilidad para crear un diseño coherente de las actividades educativas colaborativas basada en dispositivos móviles mediante el uso de los diferentes artefactos de la Referencia Documental; formularios, guías y vídeos, así mismo permiten la replicación del procedimiento para la descripción y definición de las tareas que forman el

diseño instruccional, obteniendo resultados similares en algunos casos de un 80% respecto al diseño original.

En el caso de la segunda experimentación, se encontró que la descripción de los procesos involucrados en la actividad realizada por el diseñador instruccional usando los formatos de la Referencia Documental, puede facilitar la creación de los guiones didácticos que servirán de apoyo al profesor y a los estudiantes en la ejecución de la actividad. Así mismo, permite a los programadores tener un contexto claro de el uso que tendrá el software, permitiéndoles agregar funcionalidades que mejoren la experiencia del usuario. También se encontró que las etapas del modelo de proceso no necesariamente son lineales, ya que es posible llevar a cabo tareas simultáneas o complementarias entre etapas (una etapa puede comenzar antes de que termine la anterior).

Finalmente los resultados de la tercer experimentación muestran que es posible obtener resultados y por tanto valoraciones similares de la funcionalidad, completitud y robustez respecto al CA-Mobile API entre programadores con diferentes contextos y experiencia independientemente del tipo de capacitación que lleven, ya que los cursos en línea pueden incrementar además la capacidad respecto al número potencial de programadores que pudieran capacitarse en esta parte del CA-Mobile Framework. Estos resultados también dan una evidencia de que es posible replicar el uso del CA-Mobile Framework para resolver un mismo problema, con resultados similares y con la misma consistencia funcional, lo que demuestra también la coherencia y homogeneidad que tienen los componentes del CA-Mobile API.

En base a los resultados obtenidos, se puede afirmar que el CA-Mobile Framework permite desarrollar actividades educativas basadas en el enfoque de Objetos Educativos Móviles (EMO) desde una perspectiva integral de los aspectos de diseño instruccional y de software, a través del uso de los diferentes elementos del Framework agrupados en dos principales grupos; la Referencia Documental y el CA-Mobile API.

**Palabras clave:** *Aprendizaje Móvil, Objetos Educativos Móviles, Aprendizaje Colaborativo, Framework, Dispositivos móviles, Modelo de procesos, Bluetooth.*

**ABSTRACT** of the thesis, presented by **René Guadalupe Cruz Flores**, in order to obtain the DOCTOR IN SCIENCE degree in COMPUTER SCIENCE. Mexicali, Baja California, México. November, 2010.

## **FRAMEWORK FOR EDUCATIONAL COLLABORATIVE ACTIVITIES BASED ON MOBILE DEVICES**

Approved by:



Dr. Gabriel Alejandro López Morteo  
Thesis Advisor

This work contains the design and development of a Framework for educational collaborative activities based on mobile devices, which are focused to support the instructional design process of educational activities including as a fundamental aspect the use of mobile devices inside and outside of the classroom. Likewise the Framework (CA-Mobile Framework) provides a group of software libraries (API) to develop collaborative software applications to support the realization and execution of the educational activities.

The CA-Mobile Framework maintains during a whole design process an integral approach of educative and technological aspects in order that the activity designed is linked to an educative objective, where its accomplishment be a result of the integration of mobile devices like a didactical strategy.

Moreover, in this thesis was developed a Educational Mobile Objects model (EMO), which include all educative aspects for which the CA-Mobile Framework was designed, and their technological characteristics that allow maintain related in a single entity aspects of several approaches; Learning Objects, Computer-Supported Collaborative Learning and Mobile Learning.

Likewise, a process model to apply the CA-Mobile Framework was designed and articulated, based on six stages including one specification for all roles involved during the creation process of the educational collaborative activities under this approach. Their responsibilities for each role were included.

Several aspects of the CA-Mobile Framework were evaluated with three different experimentations; one from the teacher's perspective where the clarity and usefulness of the Documental Reference were evaluated, the second one evaluates the applying the model process to create a educational activity under EMO's approach, and the end, the third one experimentation allow to evaluate the usability, completeness and robustness inside the API of the CA-Mobile Framework.

The results of the first experimentation allow establish that the Documental Reference of the CA-Mobile Framework was considered by instructional designers and teachers like useful to create a consistent design of the educational collaborative activities based on mobile devices using several artifacts included in the Documental Reference; forms, guides y videos, likewise this artifacts allow the replication of the process for describe and define all the task included in the instructional design, the results were similar compared with the original design (80% similar in some cases).

In the second one experimentation, we found that the description made for the instructional design of the process inside the activity through a use case formats, could facilitate the creation of didactical scripts which serves like a guide for the teacher and the students during execution of the activity. Likewise, this information provide to the programmers with a clearly context of use and application of the software, allowing them add more functionalities that improve the user experience. Additionally, we found that each stage of the model process are not sequential, due to its possible to realize simultaneous or complementary task between stages (one stage could be started before the next will be done).

Finally, the results of the third one experimentation shows that is possible obtain results and similar appreciations about the functionality, completeness and robustness in the CA-Mobile API between programmers with different contexts and experience, regardless of which led training, this because the online courses could increase the capacity of the potential number of programmers that could be trained in this part of CA-Mobile Framework. This results give evidence that is possible replicate the use of CA-Mobile Framework to resolve one same problem, obtaining similar results and the same functional consistency, this shows the coherency and homogeneity of all components of the CA-Mobile API.

Based on the obtained results, is possible to assert that the CA-Mobile Framework allow design and develop educational activities under the Educational Mobile Objects (EMO) approach from an integral perspective of the instructional design and software aspects from using of the different elements contained in the Framework, which were grouped in two main elements; The Documental Reference and the API for Mobile Software.

*Keywords: Mobile learning, Educational Mobile Learning, Collaborative learning, Framework, Mobile devices, Process model, Bluetooth.*

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
1.1. El Aprendizaje Móvil: m-Learning . . . . .	5
1.2. Retos en M-Learning . . . . .	8
1.3. Justificación . . . . .	9
1.4. Problemática . . . . .	10
1.5. Preguntas de investigación . . . . .	11
1.6. Objetivos . . . . .	12
1.7. Metodología . . . . .	13
1.7.1. Análisis del estado de arte y proyectos relacionados . . . . .	14
1.7.2. Caracterización de las actividades de m-learning . . . . .	15
1.7.3. Análisis y diseño del Framework . . . . .	15
1.7.4. Desarrollo del Framework . . . . .	16
1.7.5. Experimentación . . . . .	16
1.7.6. Evaluación . . . . .	17
1.8. Organización de la tesis . . . . .	19
<b>2. Marco teórico</b>	<b>20</b>
2.1. Mobile learning y su estado del arte . . . . .	20
2.2. Trabajos relacionados . . . . .	24
2.2.1. Proyectos con orientación pedagógica . . . . .	25
2.2.2. Proyectos con orientación tecnológica . . . . .	25
2.2.3. Proyectos con orientación mixta . . . . .	26

2.2.4. Proyectos relacionados . . . . .	31
2.3. Características de diseño en m-learning . . . . .	35
2.3.1. Libertad de movilidad . . . . .	36
2.3.2. Personalización y colaboración . . . . .	36
2.3.3. Creación de redes ad-hoc . . . . .	37
2.3.4. Aulas virtuales móviles . . . . .	37
2.4. Modelos y contextos de aprendizaje: Los aspectos pedagógicos del m-learning	38
2.5. Recursos tecnológicos para apoyar m-learning . . . . .	40
2.6. Patrones de diseño . . . . .	41
2.7. Frameworks, especificaciones y librerías de alto nivel . . . . .	43
<b>3. Diseño del Framework</b>	<b>45</b>
3.1. Generalidades . . . . .	45
3.2. Requerimientos para los elementos del CA-Mobile Framework . . . . .	46
3.3. Arquitectura del CA-Mobile Framework . . . . .	47
3.3.1. Referencia Documental . . . . .	48
3.3.1.1. Módulo: Diseño instruccional . . . . .	49
3.3.1.2. Módulo: Adaptación del guión . . . . .	50
3.3.1.3. Módulo: Análisis de requerimientos . . . . .	51
3.3.2. API para software móvil . . . . .	52
3.3.2.1. Módulo: Manejo de interacción . . . . .	53
3.3.2.2. Módulo: Gestión de la actividad . . . . .	54
3.3.2.3. Módulo: Comunicación y archivos . . . . .	55
3.4. Objetos Educativos Móviles (EMO) . . . . .	56
3.4.1. Enfoques adoptados dentro del modelo EMO . . . . .	58
3.4.1.1. Objetos de aprendizaje . . . . .	59
3.4.1.2. Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computadoras (CSCL)	60
3.4.1.3. M-Learning . . . . .	61
3.4.2. Características de los Objetos Educativos Móviles (EMO) . . . . .	62



5.2.3.7. Instrumentos . . . . .	115
5.2.4. Interpretación de resultados . . . . .	121
5.3. Evaluación desde la perspectiva tecnológica: CA-Mobile API . . . . .	129
5.3.1. Descripción . . . . .	129
5.3.2. Método . . . . .	130
5.3.3. Desarrollo . . . . .	131
5.3.4. Instrumentos . . . . .	132
5.3.5. Interpretación de resultados . . . . .	133
5.3.5.1. Capacitación . . . . .	133
5.3.5.2. Comparación de los productos de software . . . . .	134
5.3.5.3. Dimensiones cognitivas . . . . .	135
5.4. Discusión . . . . .	141
5.4.1. Evaluación desde la perspectiva docente . . . . .	141
5.4.2. Aplicación del CA-Mobile Framework y su modelo de procesos . . . . .	144
5.4.3. Evaluación del CA-Mobile API desde la perspectiva tecnológica . . . . .	147
<b>6. Conclusiones</b>	<b>151</b>
6.1. Contribuciones y resultados . . . . .	152
6.2. Trabajo Futuro . . . . .	155
<b>7. Anexos</b>	<b>157</b>
<b>8. Glosario</b>	<b>158</b>

# Índice de figuras

1.1. Método de desarrollo del CA-Mobile Framework mostrando las etapas realizadas durante esta investigación. . . . .	14
2.1. Roles Involucrados en el Modelo de procesos CA-Mobile . . . . .	30
3.1. Esquema general de los elementos del CA-Mobile Framework . . . . .	47
3.2. Módulos y componentes de la referencia documental . . . . .	49
3.3. Módulos y componentes del API para software móvil . . . . .	54
4.1. Diagrama de componentes del CA-Mobile API en su versión para dispositivos móviles . . . . .	74
4.2. Diagrama de componentes del CA-Mobile API en su versión para PC . . . . .	75
4.3. Método de conexión entre Cliente y Servidor ECHO . . . . .	76
4.4. Método de conexión entre Cliente y Servidor Single . . . . .	77
4.5. Modelo de conexión entre un Servidor Múltiple y un Cliente desacoplado . . . . .	78
4.6. Modelo de procesos para aplicar el CA-Mobile Framework . . . . .	91
5.1. Profesores durante la evaluación de la Referencia Documental: Trabajando en equipos para describir la actividad educativa . . . . .	97
5.2. Primer prototipo del software de apoyo para la actividad “Reconociendo figuras geométricas” . . . . .	99
5.3. Versión final del software de apoyo para la actividad “Reconociendo figuras geométricas” . . . . .	100

# Índice de tablas

2.1. Proyectos con un enfoque pedagógico predominante. . . . .	25
2.2. Proyectos con un enfoque orientado a la tecnología. . . . .	26
2.3. Proyectos m-learning que integran y asocian aspectos pedagógicos y tecnológicos.	27
2.4. Ejemplos de frameworks tecnológicos y educativos . . . . .	32
2.5. Frameworks enfocados a mobile CSCL . . . . .	33
3.1. Características heredadas en el modelo de Objetos Educativos Móviles (EMO)	58
4.1. Documentos que pertenecen a la Referencia Documental y que resultan del proceso del diseño instruccional de la actividad . . . . .	73
4.2. Descripción de los roles involucrados en el modelo de procesos del CA-Mobile Framework . . . . .	92
5.1. Ejemplo del análisis de coincidencia aplicado al campo “Requerimientos” . .	101
5.2. Análisis de coincidencia. Alto (0% -30%), medio (30% -65%) y bajo (65% -100%) . . . . .	101
5.3. Resultados de cada pregunta en el cuestionario aplicando la mediana . . . .	103
5.4. Tiempos ocupados en cada etapa del modelo de procesos . . . . .	114
5.5. Sección de antecedentes informativos del cuestionario de evaluación del CA- Mobile API . . . . .	118
5.6. Sección de documentación del cuestionario de evaluación del CA-Mobile API	118
5.7. Sección de Tecnología en el cuestionario de evaluación del CA-Mobile API .	119
5.8. Sección de Rendimiento en el cuestionario de evaluación del CA-Mobile API	119

5.9. Sección dedicada al Soporte en el cuestionario de evaluación del CA-Mobile API	119
5.10. Sección de completitud del acceso a datos y funcionalidad en el cuestionario de evaluación del CA-Mobile API . . . . .	120
5.11. Sección de información adicional de entrenamiento en el cuestionario de evaluación del CA-Mobile API . . . . .	120
5.12. Respuestas al cuestionario de apreciación aplicado al profesor participante en la experimentación . . . . .	121
5.13. Promedio de los pesos por pregunta en la sección 1: Antecedentes Informativos	122
5.14. Promedio de los pesos por pregunta en la sección 2: Documentación . . . . .	123
5.15. Promedio de los pesos por pregunta en la sección 3: Tecnología . . . . .	124
5.16. Promedio de los pesos por pregunta en la sección 4: Rendimiento . . . . .	124
5.17. Promedio de los pesos por pregunta en la sección 5: Soporte . . . . .	125
5.18. Promedio de los pesos por pregunta en la sección 6: Completitud del acceso a datos y funcionalidad (Robustez) . . . . .	125
5.19. Promedio de los pesos por pregunta en la sección 7: Información adicional . .	126
5.20. Contenido del curso en línea del CA-Mobile API . . . . .	131
5.21. Relación de estudiantes, profesores y perfiles de los alumnos por Institución .	133
5.22. Tiempo promedio en que se completo la capacitación por Institución educativa	133
5.23. Resultados de las preguntas aplicadas a los participantes respecto al resultado esperado, sección 1: Antecedentes informativos . . . . .	135
5.24. Resultados de las preguntas relacionadas a la documentación en la sección 2: Documentación . . . . .	136
5.25. Respuestas a las preguntas referentes al aspecto de compatibilidad e integración en la sección 3: Tecnología . . . . .	137
5.26. Las respuestas reflejan una evaluación aceptable para la sección 4: Rendimiento	137
5.27. Respuestas a las preguntas asociadas al nivel de documentación y soporte con el que cuenta el API, sección 5: Soporte . . . . .	138

5.28. Respuestas de los estudiantes para la sección 6: Completitud del acceso a datos y funcionalidad (Robustez) . . . . .	138
5.29. Tiempos en los que los estudiantes completaron la capacitación, sección 7: Información adicional de entrenamiento . . . . .	139
5.30. Comparativa de respuestas al cuestionario de dimensiones cognitivas entre los programadores del experimento dos y tres . . . . .	139

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. El Aprendizaje Móvil: m-Learning

Desde hace algunos años, la utilización de tecnología en la educación es una práctica común que apoya a diversas actividades en los procesos de aprendizaje. En este sentido, se han desarrollado aplicaciones de software que apoyan a las actividades de los estudiantes en diferentes escenarios de uso, dependiendo de la instrucción que se pretenda desarrollar.

Uno de los resultados de incluir el uso de computadoras para desarrollar parte de la instrucción, llevó a la formación de un modelo educativo basado en el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TICs) como medio de comunicación y coordinación entre las partes involucradas en el proceso de aprendizaje; alumnos, profesores y la instrucción pedagógica. A este modelo se le conoce como aprendizaje electrónico (e-learning), donde su principal característica es el uso de las TICs para auxiliar la experiencia de aprendizaje. La aplicación de la tecnología estará determinada por el diseño instruccional, la cual especificará el qué, el cómo y el donde se usarán los recursos tecnológicos para apoyar el proceso de aprendizaje con los recursos utilizados. El diseño instruccional está basado en la idea de ofrecer mecanismos flexibles y claros para que los estudiantes logren su objetivo educativo y su rendimiento pueda ser evaluado a través de una planificación formal del curso y su instrucción, como afirma Merrill et al. (1991); Sims (2006).

Tomando como referencia la relación que existe entre el diseño instruccional y el uso de la

tecnología, el e-learning ha evolucionado hasta lograr consolidarse como una alternativa viable para lograr extender el alcance de la enseñanza en muchos países incluyendo a México, en donde tanto el sector educativo como el productivo han adoptado éste modelo de aprendizaje con buenos resultados, como lo exponen Morales & Agüera (2002). De esta manera, el e-learning ha logrado integrar los recursos de las TICs disponibles como parte de un diseño instruccional. Estos recursos informáticos se caracterizan por que la información es presentada en diversos formatos como texto, imágenes, audio y video, y es accesible a través de diferentes medios electrónicos como DVD o Internet, siendo éste último el más utilizado actualmente por la diversidad de acceso a los recursos que ahí se publican.

En ese sentido, se puede decir que el e-learning trata de utilizar todas las herramientas tecnológicas que estén disponibles para lograr su objetivo educativo. Así, nace una tendencia que ha comenzado a ser incluida como parte de los modelos educativos basados en tecnología, el utilizar dispositivos o computadoras móviles. Esto ha generado toda una rama derivada del e-learning, pero con características propias e inherentes al uso de tecnologías móviles e inalámbricas como asistentes digitales personales (PDA), teléfonos celulares y Smartphone (dispositivos que mezclan teléfonos celulares y PDA en el mismo equipo) para alcanzar su objetivo educativo.

Dicho modelo derivado del e-learning por el uso de móviles se llama aprendizaje móvil (m-learning) y nace por la necesidad de extender el aprendizaje más allá de las aulas de clase, pero con la facilidad de acceder a la instrucción en cualquier lugar y en cualquier momento. Así, el medio de comunicación y acceso a los recursos necesarios para obtener la instrucción en e-learning cambia de un modelo estático y con cableado físico (típico en redes de computadores personales) hacia un modelo basado en dispositivos móviles con capacidades de conexión inalámbrica. Para poder comprender mejor el concepto del m-learning, se presenta una definición tomada a partir de las propuestas de Quinn (2000), Chen et al. (2004a) y Ally et al. (2005), donde se define de manera general al mobile learning como:

*“el uso de tecnología móvil para extender la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, permitiendo el acceso a los recursos en cualquier espacio y tiempo, muchas veces por medios*

*de conexión inalámbricos”.*

Esta definición involucra dos aspectos fundamentales, el aprendizaje y los dispositivos móviles. De esta manera, se puede caracterizar al m-learning no como un sustituto del e-learning, sino como una extensión de la experiencia de aprender a través de tecnologías que permiten acceder a la instrucción en el cualquier lugar y en cualquier momento (*anywhere-anytime*).

Es importante recalcar que el m-learning se ha desarrollado desde hace poco más de 10 años con algunos proyectos como los presentados por Dufresne et al. (1996) y Rieger & Gay (1997), en donde el uso de tecnología móvil permite a los estudiantes obtener alguna instrucción en un ambiente diferente a una clase tradicional llevando consigo un dispositivo móvil que proporciona todo el apoyo tecnológico que requiere para dicha instrucción. A partir de entonces se desarrollaron diferentes propuestas y proyectos de investigación enfocados a mobile learning. Sin embargo, fue hasta el año 2000 en donde nace la primera iniciativa que incluye a diferentes instituciones (educativas y privadas) para llevar la tecnología móvil a las aulas, este proyecto fue llamado Palm Education Pioneer (PEP) e involucraba a la empresa Palm, Inc. y a la organización de investigación SRI International Awarred. Según Vahey & Crawford (2002), este proyecto trataba de cubrir algunos huecos que se encontraban en ese momento alrededor del m-learning, en el sentido de desarrollar una estrategia de adopción de esta tecnología, ya que hasta ese momento, existían instituciones educativas que adoptaron el modelo m-learning sin haber hecho una investigación sistemática de los beneficios e implicaciones. A partir de esta iniciativa, se visualizó que el m-learning tiene asociadas algunas consideraciones únicas como la inversión inicial en equipamiento móvil, la instalación de la infraestructura de comunicación, así como un plan de mantenimiento y políticas de uso y asignación del equipo a los estudiantes (en el caso de que la institución provéa los dispositivos). Esto deja entrever que es necesario tomar en cuenta estos aspectos en la decisión de incluir éste modelo en la estrategia educativa. Posteriormente y a partir del precedente creado por PEP, nace otro proyecto en Europa llamado MOBIlearn, que comenzó en Julio del 2002 y culminó en Diciembre del 2004. Este proyecto involucró también

a varias instituciones Europeas, de Estados Unidos y Australia, en donde la principal meta era crear una red de difusión del conocimiento y aprendizaje vía ambientes de instrucción que demostraban la convergencia de las tecnologías móviles. En éste proyecto se analizaron diferentes casos de éxito para, a partir de eso, exponer modelos de tareas que permitieran tener una referencia de las características del modelo m-learning basada en evidencias analizadas y probadas, como sustenta Vavoula (2005).

## 1.2. Retos en M-Learning

Este modelo de aprendizaje lleva a realizar algunos nuevos planteamientos con respecto al diseño de las aplicaciones educativas que funcionarán bajo este modelo, ya que como expone Laroussi (2004), las aplicaciones que fueron diseñadas para usarse en una computadora personal (PC) bajo la perspectiva del e-learning, no necesariamente funcionarán igual en un dispositivo móvil. Por ello se deben tomar en cuenta primordialmente dos enfoques: los tecnológicos y los pedagógicos. Algunos de los aspectos tecnológicos a considerar son principalmente la capacidad de procesamiento, el tamaño de las pantallas, los tipos de dispositivos de entrada y la velocidad de acceso a recursos educativos de los dispositivos móviles, en comparación con una PC. Por otro lado, los aspectos pedagógicos deben situar a las aplicaciones móviles de acuerdo al modelo de aprendizaje al que este asociado, tomando en cuenta que tipo de dispositivo pudiera ser el más adecuado para auxiliar al objetivo educativo esperado. Cuando estos aspectos se analizan de manera separada, se hace más complejo el desarrollo de aplicaciones de software para m-learning, principalmente por que no hay una forma equivalente de representar los requerimientos funcionales establecidos por el diseño instruccional en la implementación en software de la solución.

Así, tomando en cuenta estas consideraciones se han desarrollado varios proyectos en m-learning, tanto por grupos de investigación como por empresas privadas. Los productos que se han desarrollado son de diferente tipo de acuerdo con el modelo de aprendizaje al que estén asociados, que van desde una adecuación para dispositivos móviles de los contenidos presentados en las plataformas para e-learning Cao et al. (2006), hasta aplicaciones de softwa-

re basadas en simulaciones que cambian de comportamiento y el contenido dependiendo del contexto cultural, ubicación física o las necesidades del estudiante como mencionan Klopfer et al. (2002); Davidyuk et al. (2004); Hu & Moore (2006). Esta diversidad deja ver que no existe un solo tipo de actividad educativa móvil.

Actualmente existen proyectos que han logrado situar al m-learning como una alternativa factible y viable para extender la experiencia de aprendizaje a través de dispositivos que permiten movilidad, personalización, conexión inalámbrica y cuentan con capacidades multimedia y almacenamiento masivo. Estos proyectos permiten a los estudiantes hacer uso de toda ésta tecnología para apoyar su proceso educativo, como en el caso de los propuestos por Davidyuk et al. (2004); Tan & Goh (2006) donde se presentan elementos multimedia y simulaciones para reforzar el aprendizaje de los estudiantes, así como el uso de dispositivos móviles en un ambiente conciente del contexto que entrega la información necesaria dependiendo de la ubicación física del estudiante. Estos ejemplos permiten ver el potencial del m-learning en ambientes planeados y con un trasfondo educativo claro.

El m-learning crece a medida que la tecnología móvil va formando parte de la vida cotidiana de las personas, en especial de los estudiantes según afirmaciones de (Perry, 2003), motivo por el cual se han desarrollado también proyectos de investigación que exponen de manera puntual la necesidad de crear mecanismos para caracterizar las actividades móviles a partir de algún marco de referencia (Framework), como los presentados por Naismith et al. (2004) y Patten et al. (2006). En estos proyectos el alcance está limitado a clasificaciones conceptuales y no tanto a una implementación tecnológica, por otra parte los Frameworks *Flapp* y *Australian Flexible Learning Framework*, los cuales son presentados por O'Connell & Smith (2007) y Ragus et al. (2005) incluyen implementaciones técnicas, pero no están orientados hacia m-learning.

### 1.3. Justificación

Se acuerdo con las evidencias reportadas en la literatura por los proyectos existentes, se hace latente la falta de mecanismos que permitan integrar al m-learning aquellas caracte-

rísticas educativas que permitirían sacar un mejor provecho de este modelo, considerando un enfoque de integración entre los aspectos educativos y tecnológicos durante el proceso de diseñar y desarrollar no solo el software móvil, si no un conjunto de elementos que juntos compongan a una actividad educativa basada en dispositivos móviles. Por otra parte, el modelo del m-learning debe extender sus alcances para cubrir las nuevas necesidades de los estudiantes actuales, y llevar el modelo hacia esquemas de colaboración y socialización mediada por tecnología, un fenómeno que ha venido tomando una parte importante en la vida de los estudiantes y la forma en que aprenden bajo este enfoque.

## 1.4. Problemática

Con las premisas originales del m-learning y el enfoque actual del diseño desarrollo de actividades para aprendizaje móvil, se puede ver que esto ha propiciado diferentes problemas derivados principalmente por la falta de procesos estandarizados que impide dar un seguimiento al proceso de diseño y desarrollo de actividades para m-learning de forma estructurada y sin un conocimiento claro de las etapas que intervienen en el proceso para posteriormente poder reproducirlo y reusarlo en otra actividad educativa. Del mismo modo, se pone en evidencia la necesidad de extender el enfoque original del m-learning, llevándolo de un enfoque basado en aprendizaje individual hacia un esquema donde el aprendizaje colaborativo y grupal tome lugar para generar nuevos ambientes de aprendizaje donde la utilización de dispositivos móviles sea un factor que permita auxiliar al proceso de aprendizaje de los estudiantes, así como la integración en el proceso del profesor.

De esta forma, se pueden resumir los problemas de especial interés en esta investigación a los siguientes:

- La falta de una metodología, modelos de procesos y herramientas estándar para el desarrollo de actividades educativas usando tecnología móvil.
- El enfoque original del m-learning no contempla el aprendizaje grupal ni colaborativo, desaprovechando las ventajas de un aprendizaje colaborativo mediado por dispositivos

móviles.

- Muchos proyectos de m-learning están centrados en la implementación del software como el elemento principal de la actividad, dejando de lado los aspectos educativos y didácticos necesarios para alcanzar el objetivo de aprendizaje.

## 1.5. Preguntas de investigación

En base a los problemas expuestos anteriormente, se han formulado algunas preguntas de investigación, las cuales toda vez contestadas, llevaran eventualmente a proponer una solución a la problemática planteada en este documento. Las preguntas formuladas son las siguientes:

¿Cuales son los elementos que componen a una actividad educativa colaborativa basada en dispositivos móviles?.

¿Qué puntos comunes e importantes caracterizan a este tipo de actividades y tienen un impacto directo en su diseño?.

¿Como se integran los aspectos educativos y tecnológicos para lograr un diseño integral de las actividades educativas para m-learning?.

Estos planteamientos generan además una serie de preguntas más específicas, y que su respuesta llevaría eventualmente a concluir y sustentar esta hipótesis. Estas preguntas se describen a continuación:

¿Cómo apoya al proceso de diseño y desarrollo de actividades educativas el uso de un Framework que integra componentes para diseño instruccional y desarrollo de software desde una visión holística de los aspectos instruccionales de los tecnológicos?.

¿En que medida el uso del Framework a través de formatos y guías, permite especificar y describir las características educativas y de colaboración necesarias como requerimientos para el desarrollo de una actividad?.

¿Como simplificaría al proceso de desarrollo de software, el uso de un API orientada a procesos colaborativos en dispositivos móviles para actividades educativas como parte de

dicho Framework?.

## 1.6. Objetivos

Tomando en cuenta los planteamientos anteriores y la problemática expuesta, se plantea como el objetivo de esta tesis el crear un Framework para desarrollar actividades educativas colaborativas basadas en dispositivos móviles que integre los componentes necesarios para especificar y desarrollar el diseño instruccional, así como el software asociado a una actividad educativa manteniendo un enfoque integral de los aspectos educativos y tecnológicos.

Como objetivos particulares se encuentran los siguientes:

- Crear una referencia documental que apoye al diseño instruccional de las actividades empleando formatos, guías y videos de referencia.
- Elaborar un conjunto de librerías (API) que permita construir software educativo con características colaborativas tanto para móvil como PC.
- Crear y describir un tipo de actividad que englobe los aspectos relevantes de tipo educativos, colaborativos y tecnológicos.
- Construir un modelo de procesos que facilite la implementación del Framework basado en etapas, roles y productos.
- Evaluar la usabilidad, completitud y robustez del Framework desde el punto de vista educativo y tecnológico.

Es importante recalcar que el framework pretende ser flexible con respecto a su arquitectura, así como en su estructura documental, permitiendo agregar o modificar tanto la especificación como las librerías, en función de nuevos requerimientos instruccionales o nuevas tecnologías móviles que vayan surgiendo y se puedan orientar a la educación. De esta manera se pretende ofrecer un conjunto de herramientas que pueden evolucionar y extender su funcionalidad, tratando de implementar mecanismos reproducibles y adaptables en todo momento.

## 1.7. Metodología

La metodología aplicada en este trabajo utilizó diferentes tipos de investigación debido a la naturaleza del fenómeno estudiado, que incluyen:

- Investigación Documental. Esto permitió conocer el estado actual en materia de m-learning y aprendizaje colaborativo, así como la relación de los objetos de aprendizaje con el enfoque del aprendizaje móvil.
- Investigación cuasi-experimental. Esto debido a que los experimentos y evaluaciones aplicadas al CA-Mobile Framework fueron experimentos controlados tanto en características de los participantes como en las condiciones de uso, con la intención de separar los efectos debidos a la intervención de elementos no controlados.
- Investigación cualitativa. Se realizó una serie de análisis de los datos resultantes de los experimentos aplicando técnicas especializadas para obtener respuestas de fondo acerca de la valoración y percepción de los participantes respecto a los instrumentos que usaron del CA-Mobile Framework.

Por otra parte en esta investigación se aplicó un método dividido en seis etapas, las cuales fueron parte del proceso incremental de desarrollo del Framework que lleva por nombre *CA-Mobile Framework*. En la figura 1.1 se aprecian las etapas contempladas dentro del método diseñado para esta investigación.

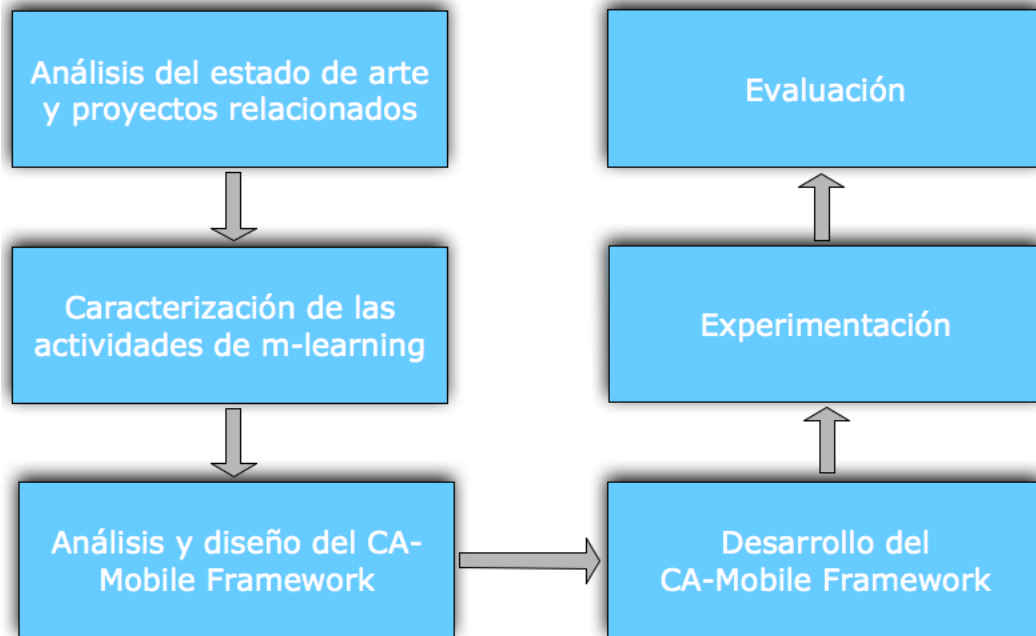


Figura 1.1: Método de desarrollo del CA-Mobile Framework mostrando las etapas realizadas durante esta investigación.

### 1.7.1. Análisis del estado de arte y proyectos relacionados

Como primer fase de la investigación se realizó un análisis del estado del arte en materia de aprendizaje móvil en el ámbito internacional y nacional, recopilando información respecto a la orientación educativa, el diseño instruccional y la clase de implementación tecnológica de los mismos. Posteriormente, se refinó la selección de trabajos a aquellos relacionados con el aprendizaje colaborativo apoyado por dispositivos móviles y el enfoque de objetos de aprendizaje para m-learning. Al final, se tomaron algunos trabajos como referencias principales del trabajo para ayudar a organizar los aspectos teóricos que sustentan al modelo de actividades propuesto, una clasificación de los requerimientos en términos de diseño instruccional que serían recomendables en las actividades educativas grupales de m-learning, y finalmente una selección del lenguaje de programación al que estaría destinada el API del CA-Mobile Framework.

### 1.7.2. Caracterización de las actividades de m-learning

Ya que se contaba con la información de referencia, se realizó una caracterización de los aspectos más importantes relacionados a las actividades colaborativas grupales basadas en dispositivos móviles.

La caracterización consistió en una clasificación de los elementos que componen al diseño de la actividad: educativos, de coordinación, de interacción, configuración de hardware y finalmente el desarrollo del software de apoyo a la actividad. Cada uno de estos elementos supone diversas restricciones desde su enfoque, sin embargo y para mantener la relación entre estos elementos, se elaboraron posteriormente una serie de formatos que especifican estas características y que deberían ser llenados en conjunto entre el diseñador instruccional, el profesor y el programador de software móvil.

### 1.7.3. Análisis y diseño del Framework

La caracterización de las actividades colaborativas de m-learning realizadas en la fase anterior, dio las bases para analizar los requerimientos del CA-Mobile Framework, para posteriormente diseñar sus componentes, así mismo los componentes fueron agrupados en dos grupos: Referencia documental y API para software móvil. Esta agrupación permitió tener separados los componentes educativos y de diseño de los componentes de software que permitirán eventualmente construir el software para dispositivos móviles. También se diseñó un modelo de objetos educativos móviles (EMO) que permitió la integración en un solo elemento de los aspectos educativos, de colaboración, de interacción y de uso de la tecnología móvil necesarios para el tipo de actividad al que estaba enfocado principalmente el CA-Mobile Framework. Del mismo modo, se diseñó y articuló un modelo de procesos que ofrece un modo de implementar y hacer uso del CA-Mobile Framework para desarrollar actividades educativas completas bajo este enfoque.

#### 1.7.4. Desarrollo del Framework

El desarrollo de cada uno de los componentes que forman al CA-Mobile Framework se realizó de manera paralela, es decir que mientras se elaboraban y validaban los elementos que compondrían a la referencia documental, se construían los componentes de software y que más adelante formarían el API para software móvil. Cuando se concluyeron los elementos de ambos grupos, se realizó una etapa de ajustes para que estuvieran relacionados los componentes del diseño instruccional y los de software, de manera que se hiciera explícita la relación que pudiera existir entre un componente y otro. Para ello, al final se elaboró un formato que permite precisamente especificar que elementos del API se deberían implementar para cubrir ciertos requerimientos de diseño (ej. la comunicación entre los participantes a través de los dispositivos móviles).

Además del Framework y sus componentes, el modelo de procesos requirió por si mismo la definición de sus elementos como roles, etapas, requerimientos y productos entregables. El modelo de procesos esta estrechamente relacionado con los componentes del CA-Mobile Framework, ya que fue pensado en ofrecer una ruta integral donde se hace uso de todos los componentes del Framework para lograr como producto final la actividad educativa.

#### 1.7.5. Experimentación

Con la finalidad de encontrar evidencia de la utilidad, usabilidad, completitud y flexibilidad de los componentes del CA-Mobile Framework se realizaron diversas pruebas, tanto de concepto como prototipos. Sin embargo, se condujeron tres experimentos controlados de manera formal, cada uno con un objetivo específico que se describen de manera general a continuación:

1. **Apreciación de la Referencia Documental.** Este experimento se aplicó a un grupo de ocho diseñadores instruccionales con experiencia en docencia practica, los cuales tenían como tarea diseñar de manera general una actividad educativa colaborativa usando dispositivos móviles, todo esto utilizando los componentes de la referencia documental y tomando como referencia una serie de videos proyectados previamente. El objetivo era

determinar el grado de coincidencia entre el diseño instruccional de los participantes comparado con un diseño previamente elaborado, esto con la finalidad de encontrar evidencia de que utilizando la referencia documental del Framework era posible replicar el diseño instruccional de una actividad con resultados similares. Además de lo anterior, se les aplicó un cuestionario de apreciación para conocer la utilidad y claridad de los formatos de la referencia documental.

2. Implementación del CA-Mobile Framework. En este experimento se aplicó el modelo de procesos del CA-Mobile Framework para desarrollar una actividad educativa colaborativa para reforzar la argumentación matemática a nivel secundaria. El objetivo fue crear la actividad usando completamente los componentes del Framework por parte del profesor, diseñador instruccional y programadores, con la finalidad de medir tiempos entre etapas, la relación de los componentes educativos y tecnológicos durante el proceso de desarrollo, así como las interacciones entre los roles involucrados en el proceso. Así mismo se les aplicó un cuestionario de apreciación dependiendo del rol desempeñado en el experimento: profesor, diseñador instruccional o programador.
3. Apreciación del CA-Mobile API. El último experimento que se realizó, fue con un grupo de estudiantes y profesores, de tres instituciones de educación superior, en donde se probó la utilidad, usabilidad y completitud del API del CA-Mobile Framework con la finalidad de medir la curva de aprendizaje del API y encontrar evidencia de que es posible replicar el proceso de desarrollo del software para una actividad educativa partiendo de un diseño preconstruido obteniendo resultados similares en la implementación del software. Así mismo se les aplicó un cuestionario de dimensiones cognitivas, para medir los parámetros de usabilidad y completitud del API.

### 1.7.6. Evaluación

Cada uno de los tres experimentos proporcionaron información acerca de los diferentes componentes del CA-Mobile Framework. Esta información fue analizada de forma cualitativa

y cuantitativa según el caso, para ofrecer datos relevantes respecto a los parámetros que se midieron en cada experimento y que puedan ser usado como evidencia de cual fue la experiencia de uso del CA-Mobile Framework para desarrollar actividades educativas colaborativas basadas en dispositivos móviles.

Para el primer experimento referente a la apreciación de los profesores respecto a la referencia documental, se analizaron los documentos que ellos llenaron durante el ejercicio realizando un análisis de coincidencia de la información en ellos contenida y comparada con un diseño “control” previamente elaborado. El análisis de coincidencia se realizó con la finalidad de conocer que tan similar era el diseño instruccional que elaboraron los profesores respecto al original, y donde utilizaron para ello los formatos y guías de la referencia documental, buscando evidencia de que era posible obtener resultados similares respecto al diseño instruccional de una actividad basada en móviles. Así mismo se aplicó un cuestionario de apreciación para conocer la valoración de los profesores respecto a la claridad y utilidad de los formatos utilizados.

En el caso de la experimentación dos, que consistió en diseñar y desarrollar una actividad completa usando todos los elementos del CA-Mobile Framework, así como la aplicación del modelo de procesos basado en etapas y roles para auxiliar el proceso de desarrollo, se evaluó aplicando dos cuestionarios: uno al diseñador instruccional y profesor (el mismo aplicado a los profesores en la experimentación uno), y un cuestionario de dimensiones cognitivas a los programadores que participaron en el proceso, dicho cuestionario mide aspectos de usabilidad, completitud y robustez del CA-Mobile API. Así mismo se hizo un seguimiento del proceso completo de desarrollo de la actividad, midiendo los tiempos de cada etapa, así como las interacciones entre los miembros del equipo de desarrollo que incluían al diseñador instruccional, profesor y programadores, esto con la finalidad de encontrar detalles importantes a considerar respecto al CA-Mobile Framework y su modelo de procesos.

Finalmente, el tercer experimento donde participaron estudiantes y profesores de tres diferentes instituciones de educación superior utilizando el CA-Mobile API para desarrollar un software para una misma actividad, se evaluó aplicando el cuestionario de dimensiones

cognitivas aplicado a los programadores del experimento dos, los cuales fueron analizados y comparados con los resultados de los programadores participantes en la evaluación dos para encontrar diferencias y similitudes respecto al nivel de dominio del API, ya que los participantes de esta experimentación aprendieron a usar el CA-Mobile API a través de un curso en línea que se diseñó específicamente para esta experimentación. Además de esto, se midieron los tiempos que les llevo a los participantes completar la capacitación y el tiempo requerido para desarrollar el software de la actividad para tener una referencia de la curva de aprendizaje y adopción del CA-Mobile API.

Toda vez que la información recabada en cada experimento fue analizada, los resultados se interpretaron de acuerdo al contexto del CA-Mobile Framework.

## 1.8. Organización de la tesis

El presente documento esta organizado de la siguiente forma: en el capítulo dos se realiza un análisis del estado del arte y trabajos relacionados en aprendizaje móvil. En el capítulo tres se detalla la etapa de análisis y diseño del CA-Mobile Framework y sus componentes describiendo la naturaleza de cada uno y su relación dentro del enfoque del Framework, desde el punto de vista de arquitectura de software, así como el modelo teórico de las actividades a las cuales esta enfocado este trabajo. En el capítulo cuatro se detalla el proceso de construcción de los componentes del CA-Mobile Framework, así como la articulación del modelo de procesos y su descripción a nivel de cada componente en él. Posteriormente en los capítulos cinco y seis, se describen los experimentos conducidos como parte de la investigación, así como el análisis de los resultados de cada uno describiendo las métricas utilizadas para validar los datos en cada caso. Finalmente en el capítulo siete se exponen las conclusiones e interpretaciones del trabajo completo de investigación, así como un primer acercamiento a los posibles trabajos futuros derivados de esta investigación.

# Capítulo 2

## Marco teórico

Con la finalidad de tener un contexto del estado actual del mobile learning y como se ha venido desarrollando en los últimos años, se hace un análisis de la naturaleza que tienen algunos proyectos reportados en la literatura especializada, así como las características pedagógicas y tecnológicas que han predominado en los trabajos analizados. Del mismo modo se analizan los avances en aprendizaje colaborativo apoyado por dispositivos móviles y su relación con el presente trabajo de investigación. Por último se retoman algunos trabajos relacionados con esta investigación, haciendo un análisis de las características que comparten entre ellos y su relación con el CA-Mobile Framework.

### 2.1. Mobile learning y su estado del arte

El aprendizaje móvil, también llamado m-learning por sus siglas en inglés (mobile learning) es un concepto que ha tenido diferentes definiciones en los últimos años, pero existen autores que engloban de manera integral lo que representa este modelo educativo apoyado por tecnología móvil. Algunas de las definiciones más representativas son las propuestas por:

- Quinn (2000), quien lo define como *“es el aprendizaje e-Learning a través de dispositivos computacionales móviles: Palm, Pocket PC y algunos de los teléfonos celulares”*.

- Chen et al. (2004a) por su parte, proponen que m-learning *“son los sistemas que soportan aprendizaje independiente para ofrecer un nuevo patrón de actividades de aprendizaje móviles fuera de aulas”*.
- Otra definición más es la que expone Ally (2004) quién lo define como *“la entrega de materiales de aprendizaje electrónicos en dispositivos de computo móvil que permitan acceso desde cualquier parte y en cualquier momento”*.

Como se observa, las definiciones anteriores concuerdan en que al hablar de m-learning existe una asociación explícita del aprendizaje y la aplicación de tecnologías móviles. Por ello, este modelo educativo y tecnológico posee características únicas desde el punto de vista educativo y tecnológico. Estas características se pueden resumir en:

- La posibilidad de ofrecer experiencias de aprendizaje mas allá del aula de clases.
- No esta ligado propiamente a un horario o tiempos para realizar una actividad educativa.
- Puede ser aplicado a modelos de aprendizaje formal e informal.
- El modelo de aprendizaje puede ser autónomo o guiado.
- La capacidad de que los dispositivos sean portables y de mano, hacen que el uso del apoyo tecnológico no sea tan invasivo como el uso de una computadora.
- Es posible realizar actividades educativas de modo individual, colaborativo y grupal in-situ, es decir en contacto directo con el objeto de estudio, el cuál muchas veces no esta en el aula de clases.

El m-learning tiene sus orígenes en el llamado aprendizaje electrónico (e-learning), que según Foix & Zavando (2002) lo han definido como:

*"aquella actividad que utiliza de manera integrada y pertinente computadoras y redes de comunicación, en la formación de un ambiente propicio para la construcción de la experiencia de aprendizaje".*

Así, el m-learning tiene sus bases en el e-learning con la diferencia de que se utilizan tecnologías móviles con capacidades de comunicación inalámbrica, tamaños pequeños y portátiles. El m-learning no pretende sustituir al e-learning, sino que lo extiende en el sentido de no depender de una infraestructura tecnológica estática, si no más bien en movimiento (*on-the-go*) para acceder a los recursos electrónicos que hayan sido especificados en la instrucción pedagógica a través de computadoras móviles e inalámbricas (Quinn, 2002).

Algunas iniciativas para incluir dispositivos móviles en proyectos educativos fueron alentadas por el crecimiento de los mercados tecnológicos y una inherente disminución en los costos de medios móviles, así como un aumento de las mejoras en cuanto a capacidades de almacenamiento, conexión y tamaños reducidos. De entre los dispositivos sobresalen los teléfonos celulares, los PDA y los SmartPhone. La principal característica que tienen estos dispositivos es su flexibilidad de uso, ya que combinan diferente funcionalidad en el mismo dispositivo, por ejemplo reproductores de música y vídeo, la conexión a redes inalámbricas Wi-Fi y Bluetooth, cámaras fotográficas y de vídeo integradas, así como la capacidad de expandir los medios de almacenamiento utilizando memorias externas, además recientemente algunos dispositivos cuentan con pantallas HD de alta resolución (ej. iPhone 4g). Estas características tecnológicas son las que motivaron a la adopción de éste tipo de dispositivos en la educación. Sin embargo los aspectos tecnológicos no justifican por si solos el m-learning, ya que como menciona Sariola et al. (2001), definir el m-learning en términos de tecnología no es suficiente, ya que convergen por un lado la teoría educativa y por otro las TIC.

Resumir la evolución del m-learning no es fácil, debido al crecimiento tan poco uniforme que ha tenido desde más de una década, en donde trabajos como el de Ioannidis & Jr (1993) revelan que la tendencia a utilizar las tecnologías móviles había comenzado a desarrollarse desde hace ya varios años. Del mismo modo, el aprendizaje móvil ha crecido en varios sentidos; nuevos usos educativos, diversos tipos de dispositivos y la cantidad de características utilizadas de éstos.

Por otro lado, los avances en m-learning también estaban limitados en parte por las restricciones tecnológicas de los propios dispositivos usados como la poca capacidad de cómputo,

las pantallas de baja resolución y el almacenamiento limitado. Estas restricciones, aunque hoy en día se han superado, imponen por si mismas ciertas reglas y limitantes en el diseño de las actividades educativas y el software asociado.

Los primeros proyectos de m-learning estuvieron enfocados principalmente a las implementaciones tecnológicas debido a la falta de madurez del modelo y por las propias limitantes de los dispositivos, sin embargo esta práctica fue cambiando y los aspectos educativos fueron tomando un lugar más importante en el diseño de las actividades de m-learning, sin embargo, la tecnología también fue evolucionando y estos nuevos avances no siempre eran considerados como herramientas que podían mejorar el proceso educativo, lo que resultaba en una subutilización de dicha tecnología.

Hoy en día los proyectos de m-learning tratan de equilibrar los aspectos educativos y los tecnológicos, logrando en algunos casos actividades educativas con un alto impacto en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Esto representa un avance importante, sin embargo no ha sido un proceso fácil, ya que la diversidad de usos educativos que se le puede dar a un dispositivo móvil son muchos, al igual que las herramientas didácticas, de software y de hardware que son utilizadas durante el proceso de desarrollo. Todo esto ha ocasionado que las actividades de m-learning existentes estén fuertemente acopladas a un problema y uso específico dificultando la reutilización de elementos de la actividad en otro contexto, aún similar. También los cambios de dispositivos móviles representan un rediseño de la actividad, debido a que muchas de las herramientas utilizadas para crear el software móvil están asociadas a un tipo de hardware específico.

Situar en un punto el estado actual del m-learning es difícil debido en gran parte a la propia naturaleza del campo de aplicación y que no esta limitado solamente al ámbito académico, ya que también las empresas han visto en el m-learning una opción para aumentar la productividad de su negocio y sus empleados, como menciona Choi (2006), en los casos donde la adopción de un esquema educativo basado en prácticas presenciales no es muy ade-

cuado. Instituciones como Knowledge Anywhere<sup>1</sup>, GIUNTI Labs<sup>2</sup>, Futurelab<sup>3</sup>, LiNE Zine<sup>4</sup>, Tribal CTAD<sup>5</sup> y Becta<sup>6</sup> son solo algunas de las empresas y organizaciones que ofrecen tanto estudios como aplicaciones para m-learning basadas en tecnologías móviles de forma comercial. Muchas de ellas trabajan en conjunto con alguna institución educativa, lo que refleja la preocupación por que los productos de m-learning tengan un diseño instruccional basado en aspectos educativos.

Otro aspecto muy importante del aprendizaje móvil es el hecho de que, desde su perspectiva original como mencionan Motiwalla (2005); Attewell (2005); Chen et al. (2004b), es un modelo centrado en el aprendizaje individual y personalizado, y donde la experiencia de aprendizaje se daba por la interacción entre el estudiante, el objeto de estudio y el dispositivo móvil. En los últimos años esto ha cambiado, ya que la socialización mediada por tecnología ha tomado un papel fundamental en los procesos de aprendizaje que se han extendido de individuales a colaborativos, por lo que el propio m-learning se ha extendido a este campo, sin embargo es una área poco desarrollada y que impone una complejidad mayor que el enfoque individual, sobre todo por las diversas interacciones que se dan entre los participantes de la actividad, la tecnología y el propio objeto de estudio. Por otra parte, extender el m-learning hacia el contexto del aprendizaje colaborativo supone también diversas ventajas y enriquece la experiencia de aprendizaje en los individuos, por lo que este trabajo tiene principal interés en actividades educativas colaborativas basadas en dispositivos móviles.

## 2.2. Trabajos relacionados

En la siguiente sección se presentan algunos proyectos clasificados de acuerdo a los aspectos pedagógicos y tecnológicos predominantes en cada uno de ellos y que sirven de referencia para conocer las diversas características que se encuentran en mobile learning.

---

<sup>1</sup><http://www.knowledgeanywhere.com>

<sup>2</sup><http://www.giuntlabs.com>

<sup>3</sup><http://www.futurelab.org.uk>

<sup>4</sup><http://www.linezine.com>

<sup>5</sup><http://www.m-learning.org>

<sup>6</sup><http://www.becta.org.uk>

### 2.2.1. Proyectos con orientación pedagógica

Existen aplicaciones y proyectos de m-learning en donde la estructura de los contenidos en el software móvil, los objetivos educativos y las actividades fueron diseñadas en base a un análisis desde el punto de vista instruccional, aunque en algunos casos la implementación tecnológica no contempla sacar partido de todo el potencial de un dispositivo móvil. Se pueden citar algunos proyectos (véase tabla 2.1) en donde la instrucción pedagógica ha sido desarrollada ampliamente, pero la implementación tecnológica es menor o que reflejan modelos educativos pero sin una implementación en especial como lo ejemplifican los trabajos que fueron desarrollados por Juniu (2003), Laroussi (2004), Barker et al. (2005) y Patten et al. (2006):

Tabla 2.1: Proyectos con un enfoque pedagógico predominante.

Proyecto	Características pedagógicas	Características tecnológicas
Implementing wireless technology in the classroom: the iPAQ project (Juniu, 2003)	Se presentan los contenidos adecuados para soportar el aprendizaje en diferentes modelos y en diversos formatos, dependiendo de los requerimientos del diseño instruccional.	Se usan las aplicaciones que existen en el dispositivo sin realizar implementaciones especiales.
New e-learning services based on mobile and ubiquitous computing: UBI-LEARN project (Mona Laroussi, 2004)	Ofrece un visión general de las consideraciones técnicas y pedagógicas basadas en servicios, para desarrollar aplicaciones educativas móviles centradas en el estudiante.	No presenta una implementación tecnológica específica.
A Proposed Theoretical Model for M-Learning Adoption in Developing Countries (Barker et al., 2005)	Presenta recomendaciones y referencias para la implementación del m-learning en países en vías de desarrollo. Se analizan algunos proyectos, las evidencias y su proceso de adopción.	No aplica
Designing collaborative, constructionist and contextual applications for handheld devices (Patten et al., 2006)	Describe un framework conceptual que permite caracterizar las aplicaciones móviles a partir de modelos y contextos de aprendizaje.	No aplica

### 2.2.2. Proyectos con orientación tecnológica

Así mismo, existen otros proyectos en donde el enfoque esta más centrado en la tecnología y en donde se resaltan las implementaciones de los mecanismos de adecuación de contenidos, recursos colaborativos y de comunicación, los cuales son el eje de estos trabajos (véase tabla 2.2). En este caso los aspectos educativos son menores con respecto a las implementaciones

tecnológicas. No obstante, las características técnicas desarrolladas son un aporte muy importante, ya que pueden ser utilizadas o tomadas como referencia en proyectos posteriores. Este enfoque tecnológico puede ser justificado por que los proyectos no fueron inicialmente educativos o porque el proyecto se visualizó desde el principio como meramente tecnológico, como los de Castellanos & Sánchez (2003), Davidyuk et al. (2004), Ally et al. (2005) y Cao et al. (2006):

Tabla 2.2: Proyectos con un enfoque orientado a la tecnología.

Proyecto	Características pedagógicas	Características tecnológicas
PoPS: mobile access to digital library resources (Castellanos y Sánchez, 2003)	No esta asociada a una característica en especial.	Presenta un framework para producir interfaces de usuario genéricas para acceder a recursos en librerías digitales desde PDA y teléfonos celulares, vía ambientes Web personalizables.
Context-aware middleware for mobile multimedia applications (Davidyuk et al., 2004)	No esta asociada a una característica en especial.	Describe un programa middleware que ofrece funcionalidad para descubrir servicios, mensajería asíncrona, administración de eventos, almacenamiento y administración de información del contexto, creación de interfaces de usuario y manejo de recursos locales y en redes.
An intelligent agent for adapting and delivering electronic course materials to mobile learners (Ally et al., 2005)	No esta asociada a una característica en especial.	Este trabajo desarrolla un agente de software inteligente que permite adaptarse a ambientes de computo móvil heterogéneos, el cual busca la herramienta mas adecuada para realizar conversiones de los materiales de un curso, de acuerdo a las características del dispositivo.
The Athabasca University mobile library project: increasing the boundaries of anytime and anywhere learning for students (Cao et al., 2006)	No esta asociada a una característica en especial.	Se presenta un sistema llamado M-Library que puede detectar el tipo de dispositivo desde el cual se esta accediendo a los recursos, para elegir el formato mas apropiado para entregar. Los recursos son utilizados por equipos de escritorio y móviles.

Todos estos trabajos muestran una mayor cobertura en la implementación tecnológica que en la educativa, por ello el posible valor de la experiencia de aprendizaje que gana el estudiante está relacionada principalmente con el beneficio de acceder a recursos desde dispositivos móviles, pero el alcance pedagógico es limitado pues no se define una instrucción educativa clara como base.

### 2.2.3. Proyectos con orientación mixta

En esta sección se hace referencia a los proyectos presentados por Wood et al. (2003), Fa- cer et al. (2004), Ibanez et al. (2009) y Tan & Liu (2004), los cuales han expuesto evidencia

de su proceso de desarrollo, pruebas y adopción, donde se reflejan puntos en común que es importante resaltar como el uso de recursos multimedia, la utilización de diferentes medios de comunicación, control de las actividades que los estudiantes van desarrollando a lo largo de su ejecución y la asociación de la aplicación en software con un modelo y contexto de aprendizaje en especial. Estas cualidades reflejan una primer caracterización de las propiedades que deben tener de manera general las actividades m-learning. Estos trabajos presentan diferentes contextos y espacios educativos, así mismo están destinados a diferentes tipos de estudiante y niveles educativos, que van desde primaria hasta universidad (véase tabla 2.3).

Tabla 2.3: Proyectos m-learning que integran y asocian aspectos pedagógicos y tecnológicos.

Proyecto	Características pedagógicas	Características tecnológicas
The Development of Mobile Applications for Patient Education (Wood et al., 2003)	Orientado hacia el aprendizaje contextual y colaborativo, permitiendo interacción entre estudiantes y el profesor. Retroalimentación del sistema al estar en una determinada situación con el paciente.	Grabación de voz, notas, y recordatorios de citas. Animaciones basadas en multimedia y conexión inalámbrica a red.
Savannah (Facer et al., 2004)	Orientado hacia el aprendizaje constructivista y contextual. Permite que los estudiantes relacionen su percepción con información de acuerdo a la ubicación física donde se encuentre.	Reproducción de sonido y contenidos multimedia basados en el contexto. Conexión inalámbrica en diferentes puntos del contexto, así como envío de mensajes entre dispositivos móviles.
Aprendizaje del patrimonio: una experiencia de integración del m-learning en el Museo de Arte e Historia de Zarautz (Ibáñez et al., 2005)	Fomenta aprendizaje constructivista y contextual. Provee información adicional acerca de la obra que esta observando, relación con otras obras, así como información histórica complementaria.	Uso de bases de datos cartográficas, conexión inalámbrica a red. Uso de recursos multimedia, así como navegación en páginas Web.
Development of a Mobile Spreadsheet-Based PID Control Simulation System (Kiong Tan y Leong Goh, 2006)	Basado en aprendizaje conductual. Orientado a uso personalizado que permita conocer y comprobar el comportamiento de un elemento electrónico, respecto a diferentes valores y configuraciones.	Usa aplicaciones existentes como fuentes de información (Excel). Incluye adecuación de contenidos, conexión inalámbrica, recursos basados en imágenes, y navegación Web.

Estos cuatro proyectos han sido seleccionados por las diversas implementaciones que presentan, y si bien no reflejan todo el universo de actividades de m-learning que existe actualmente, si reflejan en gran parte las características funcionales y educativas que tienen en general todos los demás proyectos.

También es cierto que existen herramientas de autoría de software móvil con orientación educativa como SMS quiz author y MyLearning author for Pocket PC ambos desarrollados por la empresa Tribal CTAD<sup>7</sup>, las cuales están orientadas hacia cierto tipo de dispositivo móvil en particular y no toman en cuenta los requerimientos instruccionales, ya que las

<sup>7</sup><http://www.ctad.co.uk>

aplicaciones que se pueden crear a partir de estas herramientas no están caracterizadas por modelo o contexto de aprendizaje, lo cual ayudaría a saber que características del dispositivo son las más adecuadas para usar en una determinada instrucción.

Otro punto importante a resaltar, es que la mayoría de los proyectos de m-learning han nacido por la necesidad de cubrir un escenario o problema educativo específico, por lo que su posible reutilización en otro escenario, aun siendo similar para el cual fue desarrollado, es limitada. Esto a dado como resultado muchas implementaciones ad-hoc muy poco reutilizables aún cuando en el desarrollo de la actividad educativa se aplicaran procesos estandarizados de diseño instruccional o de desarrollo del software educativo. Esta practica ha generado diversos problemas dentro de los cuales se encuentran la repetición de trabajo, ya que cada aplicación termina con sus propias implementaciones de los aspectos educativos y tecnológicos, y por otro lado el tiempo dedicado a implementar las características tecnológicas se suma al tiempo asignado para la inclusión de los aspectos pedagógicos.

Aunque es cierto que cada problema es único y debe ser tratado como tal, también es cierto que existen aspectos comunes en las actividades de m-learning, respecto a los aspectos tecnológicos se encuentran la adecuación de contenidos, manejo de recursos multimedia y la explotación de los diferentes medios de comunicación inalámbrica que tienen los dispositivos. Por otra parte, existen también aspectos pedagógicos que se comparten entre las aplicaciones móviles como el desarrollo de actividades de aprendizaje y su coordinación aplicando patrones de diseño instruccional.

Por todo lo anterior, se puede visualizar que existen problemas generados por las siguientes causas:

- Heterogeneidad de los dispositivos móviles y sus características tecnológicas que dificultan generalizar el desarrollo de aplicaciones con implementaciones técnicas similares.
- La carencia de mecanismos que permitan reutilizar las partes de las actividades existentes (diseño instruccional o de software).
- La falta de herramientas tecnológico-educativas que permitan desarrollar nuevas aplicaciones educativas móviles que reflejen una solución a las necesidades pedagógicas

especificadas en el diseño instruccional y que estén representadas y soportadas en la implementación tecnológica final.

- Las actividades están centradas en un aprendizaje individual y no están pensados para ser guiados en una sesión formal, donde también se puede hacer uso de dispositivos móviles.

Por ello, es necesario buscar una solución que apoye la integración de los aspectos pedagógicos y que facilite la implementación de las características tecnológicas necesarias en aplicaciones educativas móviles a partir de mecanismos reproducibles, expansibles, robustos y flexibles.

En este trabajo se presenta el desarrollo del CA-Mobile Framework, el cual que permite por una parte caracterizar las actividades móviles de acuerdo al contexto de aprendizaje y de uso a partir de una especificación documental y conceptual, y por otra parte, proveer un conjunto de librerías (API) que permitan desarrollar de una manera más ágil, diferentes tipos de software educativo móvil y cuyos requerimientos funcionales fueron especificados a partir de la referencia documental del CA-Mobile Framework.

Por otro lado, también es necesario recalcar que las actividades educativas en general precisan un grupo de desarrollo multidisciplinario, ya que esto permite visualizar el problema desde una visión pedagógica y tecnológica, y no desde un solo enfoque, lo que ha sido una practica habitual en muchos de los casos. Se recomienda que el equipo multidisciplinario incluya miembros tanto del área pedagógica que definan los requerimientos educativos y funcionales, así como el diseño instruccional y personal del área técnica que sea capaz de tomar los requerimientos establecidos y reflejarlos en un software móvil que apoye al objetivo educativo. Opcionalmente se puede requerir personal de diseño gráfico para darle una vista agradable al usuario. Para el caso de actividades educativas móviles se sugieren tres tipos de miembros en el equipo de desarrollo como se aprecia en la figura 2.1.

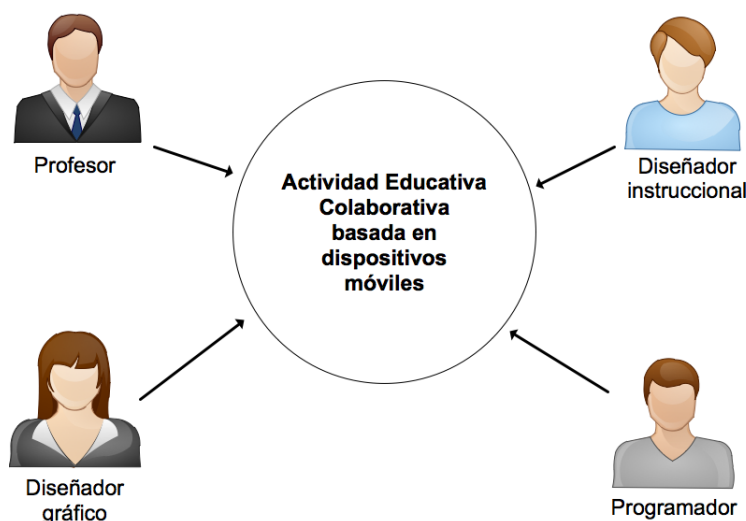


Figura 2.1: Roles Involucrados en el Modelo de procesos CA-Mobile

El proceso de desarrollo es el mismo sin importar si es una aplicación de e-learning o m-learning, sin embargo se deben tomar en cuenta los aspectos de movilidad, personificación y capacidades de conexión a redes ad-hoc que son únicos de estos dispositivos, para que sean explotados en el diseño de una aplicación educativa móvil. Por otro lado, los aspectos relacionados principalmente con cuestiones de capacidad de procesamiento, rendimiento y ergonomía del software móvil deberán también ser contemplados, ya que los dispositivos móviles pueden estar limitados en comparación con una PC. Por todo lo anterior, el equipo de desarrollo debe estar compuesto por profesores quienes especificarán los objetivos educativos a cubrir con la actividad, los diseñadores instruccionales que estarán a cargo de los requerimientos pedagógicos que deberá cubrir la aplicación en términos funcionales y de coordinación entre participantes, desarrolladores que serán los que implementen los requerimientos de los diseñadores instruccionales en un software móvil, opcionalmente los diseñadores gráficos estarán a cargo de la vista física de la aplicación, estructura de espacios y construirán los recursos multimedia si son necesarios. Hay que recordar que los dispositivos móviles cuentan muchas veces con diferentes medios de entrada y salida como teclados con alfabeto completo (querty), comandos accionados por voz o pantallas sensibles al tacto (touch screen), lo cual afecta de

manera directa a la interacción del usuario con el software y al diseño del mismo, por lo que los anteriores roles deberán contar con una instrucción generalizada en el uso de dispositivos móviles y su aplicación en m-learning.

Por ello, ésta investigación expone aquellos aspectos que debe implementar una actividad educativa colaborativa basada en dispositivos móviles, qué recursos tecnológicos se pueden emplear para apoyar los diferentes modelos de aprendizaje y contextos de uso, y por último proveer una referencia documental que permite a los profesores, diseñadores instruccionales y desarrolladores construir aplicaciones centrando el diseño en los aspectos educativos e didácticos, usando un conjunto de librerías de alto nivel (API) que permita sacar mayor provecho de los aspectos tecnológicos de los dispositivos móviles.

El CA-Mobile Framework podrá ser usado por todos los miembros del equipo de desarrollo, aunque por la naturaleza del mismo, serán los profesores, diseñadores instruccionales y los programadores quienes utilicen por completo el Framework, dejando un uso menor a los diseñadores gráficos (si se cuenta con ellos), ya que los roles encargados del diseño instruccional contarán con una referencia documental que les permita caracterizar a las actividades educativas colaborativas que ellos requieran y los miembros a cargo del desarrollo de software podrán usar las librerías asociadas al tipo de actividad requerida, pudiendo reutilizar o expandir las características de las actividad hacia otros escenarios de uso o a otras actividades.

#### 2.2.4. Proyectos relacionados

Debido a que en este trabajo hace referencia a un Framework para actividades educativas, es importante definir el concepto de Framework o marco de trabajo. Un Framework es, desde el punto de vista de la ingeniería de software una técnica de reutilización de componentes y patrones de diseño, donde según Johnson (1997) el uso de los Framework puede reducir tiempo y esfuerzo al resolver problemas o situaciones recurrentes. Este mismo enfoque se retoma para el concepto de Framework en otros contextos como el educativo, así como en el de este mismo trabajo. Un Framework puede estar compuesto de diferentes *componentes* los cuales pueden ser físicos o virtuales (piezas de software) y diferentes *patrones*, los cuales son una

caracterización específica a un proceso recurrente donde estos patrones están representados muchas veces en formatos y documentos.

Esta investigación toma sustento en los beneficios que traen consigo el uso de Frameworks tanto conceptuales como tecnológicos y que diferentes trabajos de investigación han hecho evidente los beneficios de su utilización y en donde la cantidad de usos exitosos sustentan la aplicación de los mismos. Un Framework nace por la necesidad de implementar modelos de trabajo, reglas e implementaciones físicas o lógicas basadas en experiencias, evidencias y las mejores prácticas a un problema o caso recurrente.

Algunos de los Frameworks a los que se puede hacer referencia por sus características y que han sido usados y probados son MooTools<sup>8</sup>, Molins<sup>9</sup>, Shale<sup>10</sup>, Struts<sup>11</sup>, Spring Framework<sup>12</sup>, ASP .NET AJAX<sup>13</sup>, Flapp<sup>14</sup>, Australian Flexible Learning Framework<sup>15</sup>, Common European Framework of Reference for Languages<sup>16</sup>. Los detalles de cada trabajo se muestran en la tabla 2.4:

Tabla 2.4: Ejemplos de frameworks tecnológicos y educativos

Nombre	Orientación del framework	Organismo que lo desarrolla o patrocina
MooTools	Creación de páginas Web extensibles	Media Temple, Inc.
Molins	Creado para agilizar el proceso de crear aplicaciones web en lenguaje PHP para administración de contenidos web	Grupo de desarrolladores en Barcelona Molins
Shale	Framework orientado a desarrollar aplicaciones Web aplicando patrones de diseño de software	The Apache Software Foundation
Struts	Framework para crear aplicaciones web basado en el lenguaje Java	The Apache Software Foundation
Spring Framework	Proyecto creado para agilizar el desarrollo de aplicaciones incrementando el rendimiento y la calidad de la aplicación	Interface21 Limited
ASP.NET AJAX	Framework propietario de Microsoft que permite crear aplicaciones web ricas en contenidos interactivos y personalizables	Microsoft, Inc.
Flapp	Framework educativo desarrollado para PHP5 con lo básico para crear sitios web y orientado hacia la velocidad, optimización y facilidad de uso	ChileForge - CSoL (Centro de Software Libre)
Australian Flexible Learning Framework	Framework para desarrollar aplicaciones e-learning	The Commonwealth of Australia
Common European Framework of Reference for Languages	Framework para implementar estándares de aprendizaje y evaluación	European Union Council

<sup>8</sup><http://mootools.net>

<sup>9</sup><http://sourceforge.net/projects/molins>

<sup>10</sup><http://shale.apache.org>

<sup>11</sup><http://struts.apache.org>

<sup>12</sup><http://www.springsource.org>

<sup>13</sup><http://www.asp.net/ajax?tabid>

<sup>14</sup><http://www.chileforge.com>

<sup>15</sup><http://www.flexiblelearning.net.au>

<sup>16</sup>[http://www.coe.int/t/dg4/linguistic/cadre\\_en.asp](http://www.coe.int/t/dg4/linguistic/cadre_en.asp)

Tabla 2.5: Frameworks enfocados a mobile CSCL

Autor	Nombre	Orientación del trabajo	Año
Roschelle et al. (2005)	Towards A Design Framework for Mobile Computer-Supported Collaborative Learning	Define aspectos de diseño para actividades colaborativas desde el enfoque social y tecnológico.	2005
Zurita y Nussbaum (2007)	A Conceptual Framework based on Activity Theory for Mobile CSCL	Describe las relaciones entre los aspectos involucrados en el aprendizaje móvil colaborativo desde el enfoque de teoría de actividades.	2007

Se puede observar en la tabla 2.4 que aunque no todos los Frameworks son tecnológicos (aunque precisamente son éstos los más numerosos), todos están basados en las mejores prácticas encontradas para solucionar problemas recurrentes, debido a que caracterizan a las tareas que darán solución y crean un conjunto de mecanismos ágiles, expansibles y reproducibles para desarrollar soluciones robustas a problemas preestablecidos. Estos mecanismos son llamados patrones de diseño. Así que la utilización de un Framework para agilizar el desarrollo de aplicaciones educativas móviles ofreciendo mecanismos ágiles y sobre todo reproducibles, se sitúa como una opción viable y sobre todo necesaria, tomando en cuenta que no existe actualmente una implementación de esta naturaleza.

Por otra parte, el presente trabajo está centrado en actividades colaborativas, por lo que se realizó un análisis de proyectos de investigación en materia de Mobile Computer-Supported Collaborative Learning, un área relativamente joven del m-learning, la cual ha sido poco explorada principalmente por la complejidad que supone realizar aprendizaje colaborativo con dispositivos móviles. Sin embargo, existen trabajos previos que ofrecen una base inicial para esta investigación en materia de mCSCL, término utilizado para referirse a el aprendizaje colaborativo apoyado por dispositivos móviles. En la tabla 2.5, se enlistan dos trabajos de esta área y que representan una relación directa con este trabajo, toda vez que se refieren a Frameworks para mCSCL.

El proyecto presentado por Roschelle et al. (2005), presenta los elementos claves para el diseño de una actividad de mCSCL desde un enfoque teórico de los elementos y presentando un enfoque basado principalmente en tres beneficios al implementar un Framework para este

tipo de actividades educativas. Estos tres beneficios son:

1. Los programadores pueden usar un Framework comprensivo para pensar mas cuidadosamente la planeación de sus diseños.
2. Los investigadores pueden usar un Framework para desarrollar taxonomías, comparaciones y agregación de datos a través de proyectos individuales.
3. Los profesores y estudiantes pueden beneficiarse de una forma más completa y estándar para describir que es lo que deben hacer.

De acuerdo a Roschelle, estos tres puntos representan diferentes consideraciones de diseño a nivel conceptual, permitiendo asociar en el Framework que propone en su trabajo, los elementos tales como; Actividad, Relaciones entre los involucrados, Contenidos y Mediación, la cual esta dividida entre mediación social y mediación técnica. Sin embargo, aunque presenta un enfoque interesante desde el punto de vista del sustento teórico que origina el aprendizaje colaborativo a través del uso de dispositivos móviles, no plantea un mecanismo para ligar estos elementos a una implementación en software de la actividad, y aunque los elementos del Framework permiten una asociación de características de colaboración a diferentes niveles conceptuales, el apoyo que provee es mas a nivel teórico que practico, centrándose en ubicar los puntos donde se fomenta el aprendizaje colaborativo dentro del software, mas que en ofrecer una forma de implementar los mecanismos utilizando librerías de software.

Por su parte Zurita & Nussbaum (2007) propone en su Framework conceptual basado en teoría de actividades para mCSCL, las relaciones existentes entre los elementos de una actividad colaborativa en m-learning desde un enfoque de la teoría de actividades, lo que permite ubicar los diferentes componentes de un sistema de actividades educativas. Las seis etapas que componen a este Framework son:

1. Entendimiento del sujeto de estudio y su relevancia cuando ocurra la actividad.
2. Definición del sujeto, objeto o resultado esperado y la relación de roles dentro de la actividad.

3. Definición de la actividad misma, describiendo sus componentes y operaciones.
4. Análisis de las herramientas mediadoras, reglas y roles de la mediación.
5. Análisis de los límites contextuales internos de la actividad relacionados con el objeto de estudio.
6. Análisis de las interrelaciones que existen entre los diferentes componentes de el sistema (actividad).

Este Framework permite encontrar y especificar los diferentes elementos que intervienen en una actividad colaborativa mediada por tecnología móvil desde un enfoque de la teoría de actividades, donde uno de los puntos más importantes es la relación de estos diversos componentes. Sin embargo, tampoco provee una referencia o mecanismo de como llegar a una implementación efectiva en software de estos elementos, por lo que si bien este Framework permite caracterizar a las actividades desde el enfoque propuesto, no especifica la manera en que se deben implementar estas características en el software asociado a la actividad.

Ambos proyectos dan diversas bases para la caracterización de las actividades educativas en términos de mCSCL y han sido tomados como referencia en la construcción del CA-Mobile Framework desde el punto de vista teórico y donde se retomaron algunos elementos para construir la referencia documental y sus diferentes elementos. Aunque estos trabajos representan una visión clara desde el punto de vista de diseño de las actividades, ambos trabajos proponen Frameworks de tipo conceptual, por lo que no apoyan directamente al proceso de construcción del software móvil de la actividad, lo cual representa la mayor diferencia respecto al CA-Mobile Framework, ya que éste ofrece elementos de apoyo tanto educativo como tecnológico.

### **2.3. Características de diseño en m-learning**

A lo largo del análisis de los trabajos mencionados, se han seleccionado algunos factores que son importantes en el diseño de actividades de m-learning y mCSCL, de los cuales se da

una descripción general a continuación.

### **2.3.1. Libertad de movilidad**

La movilidad representa un factor educativo importante que deberá de explotarse como afirma Juniu (2003), debido a que los dispositivos móviles extienden el ambiente de aprendizaje fuera del aula de clases, son dispositivos portátiles y de mano, evitan el uso de papel en las clases y ofrecen métodos alternativos de comunicación (email, sms o chat). Para algunas situaciones de aprendizaje estar físicamente en el mismo espacio que el objeto de estudio tiene un alto impacto en el proceso educativo, pero no siempre dicho objeto se encuentra en el aula de clases o laboratorio, por lo que contar con un medio tecnológico portable y un software móvil que apoye el objetivo educativo logra extender la experiencia de aprendizaje, sin importar en algunos casos la ubicación física del estudiante.

### **2.3.2. Personalización y colaboración**

Barker et al. (2005) afirma que para la adopción de un modelo basado en m-learning se deben tomar en cuenta factores que engloban a los estudiantes y al profesor, como un equipo de colaboración mutua que deben enfrentar los retos de dicha adopción juntos, buscando alternativas y propuestas para mejorar la experiencia con el uso de dispositivos móviles en el proceso educativo. En este sentido, el nivel de personalización que se logra con las actividades m-learning permite una orientación enfocada en el alumno o profesor, a la información o a la misma actividades, además pueden cambiar dependiendo de quien sea el usuario, en donde se encuentre y cual sea el contexto de uso en un momento determinado.

Por otro lado, López-Morteo & López (2007) afirman que los niveles de personalización tanto del software como del ambiente de aprendizaje que se presente al estudiante representa un alto nivel de motivación que puede reforzar el uso de la tecnología para soportar la situación de aprendizaje, ya que los aspectos lúdicos muchas veces son un factor decisivo entre la aceptación o rechazo del uso de la tecnología en la educación.

Así mismo el software educativo móvil ofrece diversos mecanismos para apoyar trabajo

colaborativo, ya que la característica de personalización no implica aislamiento del usuario, siendo posible implementar mecanismos de colaboración tanto asíncrona como síncrona dependiendo de los objetivos educativos.

### 2.3.3. Creación de redes ad-hoc

Por otra parte Totkov (2003) resalta que una estrategia inherente a la etapa contemporánea de la educación, que consiste en utilizar todos los medios disponibles de comunicación para ofrecer más y mejores experiencias en m-learning, incluyendo el uso de dispositivos móviles como teléfonos celulares o PDA y no solo computadoras de tipo Laptop. También es importante recalcar que el mobile learning no está limitado a usar estos dispositivos, sin embargo si son los más comúnmente encontrados. Toda esta tecnología inalámbrica y móvil es fácil de adaptar en algunos casos a la infraestructura tecnológica con la que cuentan las instituciones educativas, debido a que en muchas de ellas operan redes inalámbricas como Wi-Fi o Bluetooth que permiten la integración de estos dispositivos. No obstante, dichos dispositivos cuentan con una capacidad de crear entre ellos redes de comunicación personal PAN<sup>17</sup> para intercambiar datos entre ellos, a velocidades considerablemente rápidas y a distancias variables dependiendo del medio utilizado. Esta cualidad aumenta los posibles usos del aprendizaje móvil en sentido de que no dependen tampoco de una red pre-establecida para acceder o compartir recursos, ya que los medios de comunicación inalámbrica con los que cuentan estos dispositivos, permiten crear una red *ad-hoc* en el momento, el lugar y por el tiempo que se requiera, capacidad que puede ser explotada también por las aplicaciones educativas.

### 2.3.4. Aulas virtuales móviles

Todo lo anterior representa una nueva manera de emplear las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para llevar el proceso de aprendizaje fuera del aula de clases, ya que permite acceder a los recursos educativos en cualquier lugar y en cualquier momento,

---

<sup>17</sup>Personal Area Network

ofrece esquemas de trabajo colaborativo y permite crear redes en cualquier espacio, lo que deriva en el concepto de “Aulas virtuales móviles”. Esto es por que la instrucción educativa no esta confinada a un espacio o tiempo, así, un estudiante o grupo tiene la capacidad de ubicarse físicamente en cualquier lugar y ahí lograr el objetivo educativo que se planteó al incluir m-learning como parte del proceso educativo. Esta virtualización también representa cambios en la forma de ver el trabajo del profesor, el tipo de interacción entre profesor-alumno ahora será por medio de los canales que provea la aplicación móvil para determinada situación y debe ser lo suficiente flexible para lograr una comunicación efectiva que aminore el sentimiento de aislamiento que puede tener el estudiante durante algunas situaciones educativas.

## 2.4. Modelos y contextos de aprendizaje: Los aspectos pedagógicos del m-learning

El sector educativo es uno de los más innovadores, planteando y probando nuevas estrategias que le permitan aprovechar todas las tecnologías existentes para apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Las propuestas se basan en diferentes paradigmas educativos que, dependiendo de su naturaleza estarán orientados a obtener diferentes respuestas tanto del lado del profesor como del lado del alumno. El proceso de aprendizaje no es responsabilidad única del alumno, ya que en gran medida el éxito dependerá de que el diseño instruccional este fundamentado en prácticas pedagógicas que conlleven a facilitar el proceso impactando directamente en los involucrados en el proceso, designando roles y tareas a cada uno de ellos, por lo que se puede observar al aprendizaje como interacción entre el agente instruccional y el agente de aprendizaje, como sustenta Nathan & Robinson (2001). Esto permite definir mejor la tarea de cada una de las partes y el apoyo que debe ofrecer el software móvil dependiendo del rol y del tipo de conocimiento o habilidad que se quiera desarrollar en el alumno. El rol de agente instruccional puede ser ocupado por el profesor apoyado de una herramienta informática, o propiamente solo la herramienta como pueden ser el caso de los tutores inteligentes (Martínez, 2006). Independiente al tipo de agente todos tienen las

siguientes responsabilidades que les permitirá ejercer su rol instruccional:

- Construir un ambiente de aprendizaje que contenga todo lo necesario (recursos, prácticas, evaluaciones).
- Realizar un proceso de transmisión de la información efectivo.
- Presentar la información con un grado de calidad aceptable.

Aquí, el agente de aprendizaje o el alumno debe participar (motivado por el agente instruccional), de una manera más activa en el proceso de aprendizaje, generando nuevo conocimiento para él, obteniendo conocimiento del ambiente previamente creado y acoplándose con el conocimiento existente (Taylor et al., 2005). En este sentido las aplicaciones utilizadas como agentes instruccionales y encaminadas a m-learning, están diseñadas dependiendo del tipo de aprendizaje que se pretenda explotar en el proceso, ya que dependiendo de éste, será también el modelo de uso de las aplicaciones móviles.

Existe una clasificación propuesta por Naismith et al. (2004) que permite agrupar los diferentes modelos educativos enfocados a m-learning y contextos de acuerdo a sus objetivos en la instrucción pedagógica. Aunque cada modelo y contexto difiere de los otros por su naturaleza y las estrategias utilizadas, todos comparten una característica que permite alcanzar sus objetivos, y es que deben estar centrados en el alumno, así como ser lo suficiente flexibles para poder relacionarse entre ellos de tal forma que se enriquezca la experiencia de aprendizaje. Respecto a este último punto, existen también proyectos que aportan Frameworks que incluyen todo un modelo centrado en el usuario final (alumno y/o profesor) como parte fundamental del diseño instruccional para m-learning, como el Framework de objetos de aprendizaje móvil que presenta Quinn (2002), el cual propone que estos objetos deben contener los siguientes elementos; Introducción, Concepto, Ejemplos, Práctica y Reflexión. A partir de esta organización, los objetos son suficientemente completos para apoyar y guiar al estudiante durante su proceso de construcción del conocimiento.

Retomando los aspectos más importantes de estos trabajos, se llega a una clasificación general que permite definir los modelos y contextos de aprendizaje de la siguiente forma:

- Modelos de aprendizaje: Conductual, constructivista, situacional y colaborativo.
- Contextos de aprendizaje: Informal y Asistido.

La capacidad de caracterizar a las aplicaciones móviles en base al modelo educativo o contexto de uso permite analizar de manera específica cada uno de los tipos y sus requerimientos, para posteriormente encontrar la forma de implementarlos usando algunas herramientas tecnológicas.

## 2.5. Recursos tecnológicos para apoyar m-learning

Davidyuk et al. (2004) exponen que existen herramientas y proyectos que han tratado de utilizar diversos tipos de dispositivos móviles para acceder a recursos en un repositorio de recursos educativos, pero se han llegado a la etapa puramente de adecuación y entrega del contenido en los dispositivos, dejando de lado aspectos que se relacionan con el contexto de la misma actividad. Un ejemplo son los proyectos presentados por Naguib et al. (2002) y Lemlouma & Layaïda (2003) donde tratan principalmente de crear una adecuación de contenidos multimedia dependiendo del tamaño de pantalla y tipo de conexión a red del dispositivo móvil. Dichos proyectos han realizado mucho del trabajo tecnológico relacionado con la creación de diferentes herramientas middleware, que se encargan de preparar el contenido para ser utilizado en los dispositivos, pero no presentan ningún control una vez entregada la información y están más orientados a trabajar bajo demanda de los recursos solicitados por el usuario y el dispositivo, que de formar parte de un sistema de gestión del aprendizaje, dejando de lado el seguimiento que se le puede dar al alumno cuando utilice estos recursos debido a que el objetivo de estos proyectos no es propiamente el ámbito educativo o académico.

El proceso de adecuación de contenidos que presentan algunos proyectos como los citados, es un aporte muy importante, ya que muchas veces se hace necesario acceder a recursos multimedia como videos, audio, imágenes o hipertexto que originalmente no están diseñados para ser utilizados en dispositivos móviles. Aquí es donde las tareas de adecuación vienen a cubrir esta necesidad, sin embargo, no hay que olvidar que el adecuar contenidos es solo parte

del proceso completo en una aplicación móvil, así que debe estar asociado a otros elementos educativos como el diseño instruccional, la didáctica, la retroalimentación y la ejercitación para que su uso tenga un aporte representativo para el m-learning.

Ahora desde el punto de vista técnico, es importante recalcar que para la adopción en una institución del modelo de aprendizaje basado en tecnología móvil, se debe contar con la infraestructura adecuada no solo de comunicación, si no de las herramientas de almacenamiento, control y entrega de los medios que se utilizarán en el dispositivo móvil. En este contexto, Cao et al. (2006) propone que el modelo de educación m-learning debe enfrentar varios retos para lograr el éxito en su implementación, dentro de los más relevantes se encuentran el definir el contenido que se utilizará y el apego a estándares para que el uso en los dispositivos sea consistente. Los medios de comunicación inalámbrica con los que cuentan los dispositivos móviles deben también ser contemplados en los requerimientos instruccionales, ya que dependiendo del contexto de uso, podrá ser más adecuado un tipo de comunicación inalámbrica en específico. Actualmente los dispositivos cuentan con diferentes medios de comunicación a través de conexiones inalámbricas por medios infrarrojos (IrDA), Bluetooth, Wi-Fi y redes de telefónica y datos digitales como la de tercera generación 3G. Esta diversidad de conexiones permite elegir alguna de ellas que mejor se adecue a las necesidades educativas.

## 2.6. Patrones de diseño

El hecho de que en el presente trabajo se construya un Framework, hace necesario adoptar el enfoque de patrones de diseño para todos los componentes del CA-Mobile Framework, ya que parte del principio de generalizar los aspectos y características relevantes de las actividades educativas colaborativas basadas en dispositivos móviles.

El concepto de patrón de diseño, ha sido descrito por Alexander (1999) como “la descripción un problema que ocurre una y otra vez en nuestro entorno, para describir después el núcleo de la solución a ese problema, de tal manera que esa solución pueda ser usada más de un millón de veces sin hacerlo siquiera dos veces de la misma forma”.

En ese sentido, el concepto de patrón de diseño ha tenido diferentes interpretaciones de-

pendiendo del enfoque donde este siendo usado. Un patrón de diseño trata de caracterizar situaciones o problemas recurrentes, para que, a partir de encontrar las características similares se pueda ofrecer una solución general. Así, los ámbitos en donde se emplean patrones de diseño echan mano de la experiencia previa en determinada situación y permite resolverla empleando soluciones probadas de manera satisfactoria, a esto se le llama aplicar las mejores prácticas. En el ámbito educativo, los patrones de diseño están contextualizados en la instrucción pedagógica (de ahí el nombre de diseño instruccional). De esa forma, los patrones de diseño instruccional tratan de caracterizar diferentes tipos de situaciones educativas, donde se han de aplicar elementos pedagógicos para crear la mejor solución y en algunos casos, dicho diseño esta basado en objetos o componentes, ya que como afirma Douglas (2002), este enfoque permite la construcción de un producto o recurso educacional de una manera más ágil. Una vez que se ha logrado identificar las cualidades invariantes de una situación o escenario que es recurrente en la practica educativa, se puede formular un patrón de diseño para que posteriormente sea aplicado a problemas con las mismas características, sin tener que analizar el problema en su totalidad, ya que previamente existe una solución probada.

De manera similar, ocurre con los patrones de diseño de software en donde se ofrecen mecanismos estandarizados y catálogos de elementos reusables para crear aplicaciones que soluciones problemas recurrentes en el ámbito de los sistemas computacionales. Con respecto a los patrones de diseño de software también se han extendido, sobre todo por que existen muchos problemas que mantienen el mismo comportamiento. Los patrones de diseño en software solo definen las características que deben cumplir las aplicaciones finales o alguna de sus partes para que resuelvan una situación determinada, pero será el desarrollador quien deba implementar adecuadamente los patrones, y elegir cual o cuales son los que mejor se adecuan al problema en cuestión.

Así, de manera general se dice que los patrones pueden ser especificaciones, reglas, plantillas o documentos que generalizan las características del problema, a fin de ofrecer una solución aplicable a más de un problema de la misma naturaleza, sin embargo es importante recalcar que un patrón muy pocas veces se encuentra implementado solo, ya que en la prác-

tica es común utilizar más de uno en una aplicación de software, pues los patrones atienden problemas muy específicos, pero no integrales.

## 2.7. Frameworks, especificaciones y librerías de alto nivel

El objetivo de esta investigación es el desarrollo de un Framework para crear aplicaciones educativas móviles, por tanto es necesario definir el concepto de Framework, sus características y elementos que lo componen.

El concepto de Framework o marco de trabajo, se puede definir como un conjunto de reglas, políticas, procedimientos y artefactos (como patrones) a nivel conceptual o físico, que provee una forma de resolver determinado problema de manera integral Johnson (1997). Eso quiere decir que, utilizando un Framework se pueden desarrollar soluciones de diferente tipo a problemas similares, aplicando procedimientos que previamente se han probados y han dado buenos resultados. El concepto existe en diferentes áreas, sin embargo, en el área de las TIC el concepto de Framework esta asociado fuertemente a un conjunto de librerías y maquetas de software que permiten desarrollar aplicaciones a partir de esquemas bien definidos, lo cual además ofrece posibilidades de reproducir y ampliar las características de la aplicación final.

Sin importar el ámbito en donde se aplique u oriente el Framework, existe un objetivo en común: Ofrecer una manera de resolver un problema previamente analizado y parametrizado, con soluciones genéricas que deberán adaptarse a la hora de realizar la implementación del Framework. De esa manera, es importante aclarar que el Framework por si solo no es una solución, más bien son las herramientas que permiten alcanzar ésta, a partir de elementos que sirven como referencia y que previamente han sido probados en varios escenarios.

En el caso particular de este trabajo, el CA-Mobile Framework integra dos perspectivas diferentes que se integran para ofrecer una solución integral a diferentes niveles. Por un lado contiene una referencia documental y conceptual de requerimientos educativos que apoya al diseño instruccional y esta basada en una caracterización de las actividades móviles de acuerdo a su modelo educativo y su contexto de aprendizaje, de esa manera el Framework provee un mecanismo (a través de casos de uso) para determinar las características instruc-

cionales que deberá contar la aplicación educativa móvil, con la seguridad de que dichos requerimientos podrán estar incluidos en la implementación del software educativo móvil, sin preocuparse por los detalles técnicos. Y por otro lado, el CA-Mobile Framework provee un conjunto de librerías de alto nivel en forma de un API<sup>18</sup>, compuesta en su mayoría de funciones predefinidas que se pueden utilizar en el lenguaje de programación Java y permiten tomar las características y requerimientos educativos definidos con la referencia documental para desarrollar un software móvil que represente claramente una solución a las necesidades planteadas. Estas funciones son consideradas de alto nivel, por que proveen una forma más sencilla de implementar procesos o tareas más complejas o repetitivas. Otra característica del CA-Mobile Framework es que está basado en procedimientos y funciones flexibles que se pueden adaptar a una solución específica, además de que la funcionalidad puede crecer si se agregan más elementos al framework, ya sea en la referencia documental o en el API.

---

<sup>18</sup>Application Programming Interface.

# Capítulo 3

## Diseño del Framework

Para crear el CA-Mobile Framework desde un enfoque integral de los aspectos educativos y tecnológicos es necesario adoptar un diseño flexible y robusto, que permita por un lado mantener la neutralidad de cada componente del Framework, pero a su vez enriquecer el resultado de la integración de los mismos en el proceso de desarrollo de actividades educativas colaborativas.

### 3.1. Generalidades

Al caracterizar una actividad educativa colaborativa basada en móviles se tiene que los elementos de diseño instruccional deben estar detallados en documentos de trabajo antes de pasar a la etapa de construcción del software. Estos documentos no son finales, ya que durante las etapas del desarrollo de la actividad completa estos documentos se van refinando, completando o adaptando. Por esta razón se decidió que el CA-Mobile Framework estuviera compuesto por dos grupos de componentes; la referencia documental (aspectos educativos) y el API para software móvil (aspectos tecnológicos). Cada uno de estos grupos contiene elementos que están relacionados por su funcionalidad, de manera que sea fácil asociarlos a una etapa específica del proceso de desarrollo. La arquitectura del Framework y el detalle de cada módulo y sus componente es especificado a continuación.

## 3.2. Requerimientos para los elementos del CA-Mobile Framework

Debido a que el CA-Mobile Framework considera apoyar al diseño y desarrollo de actividades educativas que incluyen el uso de software móvil como parte de su didáctica, se decidió que los elementos de éste cubran tanto los aspectos de diseño instruccional, además de apoyar la construcción propiamente del software. Por ello para cubrir los aspectos educativos, el CA-Mobile Framework incluye una serie de instrumentos agrupados bajo el nombre de **Referencia Documental**. En ella se incluyen tres elementos que son necesarios para cubrir las necesidades de un profesor o diseñador instruccional en términos educativos, ya que si la actividad requiere que el uso de software sea un componente importante de la instrucción, el diseño de dicha actividad deberá contemplar desde un inicio este enfoque, además que debe definir de manera clara y precisa el uso el rol de éste dentro de la instrucción. Esta es la razón de por que el CA-Mobile Framework incluye los instrumentos necesarios para definir un diseño de actividad basada en dispositivos móviles, además del conjunto de librerías que simplifican la implementación en software de las características de colaboración, control y comunicación que requiere la actividad. El elemento Diseño Instruccional permite describir la actividad en términos educativos, así como describir los procesos que componen a dicha actividad, incluyendo los aspectos que el software debe cubrir para auxiliar al estudiante y al profesor durante la ejecución de la actividad. Por su parte el elemento llamado Adaptación de Guión, agrega detalles específicos del software para que como parte de la actividad se incluya una guía de apoyo para el profesor y opcionalmente para el estudiante que le permita llevar a cabo de manera satisfactoria la actividad con los estudiantes. Así mismo, el elemento de Análisis de requerimientos permite especificar lo que el software debe cubrir en términos funcionales, así como las condiciones necesarias tanto de equipamiento como de organización para ejecutar la actividad en condiciones adecuadas para su ejecución satisfactoria.

Por su parte los elementos que dan apoyo a los programadores para construir el software asociado a una actividad educativa, se encuentran agrupados en el **API para Software**

**Móvil.** Cada uno de estos elementos se describe a mayor detalle en las siguientes secciones.

### 3.3. Arquitectura del CA-Mobile Framework

Una vista general del CA-Mobile Framework se puede apreciar en la figura 3.1, la cual muestra los elementos que lo componen y su agrupación dependiendo de la funcionalidad de cada componente. La idea de separar por grupo los elementos del Framework permitió dar un enfoque específico a cada uno, en donde la integración de todos ellos dentro del modelo de procesos del propio Framework permite un seguimiento estructurado del uso y función de cada elemento durante el proceso de desarrollo de la actividad.

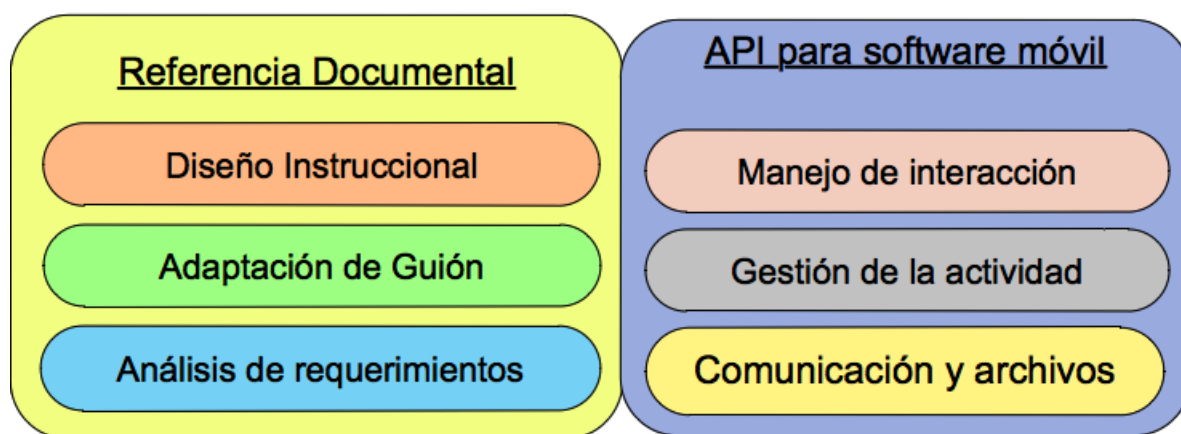


Figura 3.1: Esquema general de los elementos del CA-Mobile Framework

Los elementos dentro de la referencia documental están destinados inicialmente a definir el objetivo general de la actividad, así como una descripción de la misma usando los elementos del componente **Diseño instruccional**. Cuando se tiene más detalle de la implementación en software de la actividad, se procede a detallar y adaptar los guiones didácticos, los cuales son documentos que guían la ejecución de la actividad en el aula, a través de los elementos contenidos en el componente **Adaptación de guión**. Así mismo el componente de **Análisis de requerimientos** permite especificar a detalle los requerimientos funcionales del software que apoyará a la actividad en cuestión, además de definir que componentes del API son candidatos a usarse para satisfacer los requerimientos establecidos.

Un punto importante es que el orden de uso de cada elemento de la referencia documental

esta especificado en el modelo de procesos asociado al CA-Mobile Framework el cual se describe más adelante, ya que no se usan todos los elementos de un componente al mismo tiempo y en algunos casos un solo formato abarca el uso de dos o más elementos de diferentes componentes. Tal es el caso de los formatos de caso de uso (Análisis de requerimientos), donde se especifican además las consideraciones humanas, técnicas y de organización (Adaptación del guión), por lo que no necesariamente existe un formato por cada elemento. La idea de clasificarlos por elementos separados es para identificar las acciones a desarrollar dependiendo de su agrupación en una categoría que corresponda a su tipo de tarea que desempeñe en el CA-Mobile Framework.

En el caso del API para software móvil, su agrupación está más enfocada a clasificar sus elementos por funcionalidad programática (Manejo de interacción, Gestión de la actividad, Comunicación y archivos) y su uso no sigue un orden en específico, ya que dependerá de la implementación del propio software y del estilo del programador, sin embargo, sí mantiene una coherencia respecto a los elementos del API que se deben usar en función de los requerimientos que se deben cumplir, lo cuál se logra usando el formato “asociación de requerimientos por elemento del API” de la referencia documental.

### 3.3.1. Referencia Documental

En el esquema anterior se puede apreciar que el grupo **Referencia Documental** contiene tres módulos del Framework destinados a apoyar al diseño instruccional de la actividad:

- **Diseño instruccional.** Este módulo contiene aquellos componentes que auxilian al proceso de diseño educativo de la propia actividad, es usado por el profesor y el diseñador instruccional para describir de manera general a la actividad educativa.
- **Adaptación del guión.** En este módulo se encuentran los componentes que permiten especificar las consideraciones y condiciones previas a la realización de la actividad, así como los roles que se ven involucrados en la realización de dicha actividad, estos componentes proveen la información necesaria para que se elabore un documento (guión

didáctico) que sirve como guía al profesor y opcionalmente al estudiante en el momento de llevar a cabo la actividad educativa dentro o fuera del aula.

- **Análisis de requerimientos.** Los componentes de éste módulo están encargados de proveer un mecanismo por el cual todos los requerimientos funcionales y no funcionales de la actividad sean descritos a partir del uso de casos de uso. Estos requerimientos también estarán asociados a los componentes incluidos en el grupo **API para software móvil** el cual es descrito más adelante.

Cada uno de estos módulos tiene diferentes componentes, los cuales se pueden apreciar en la figura 3.2.

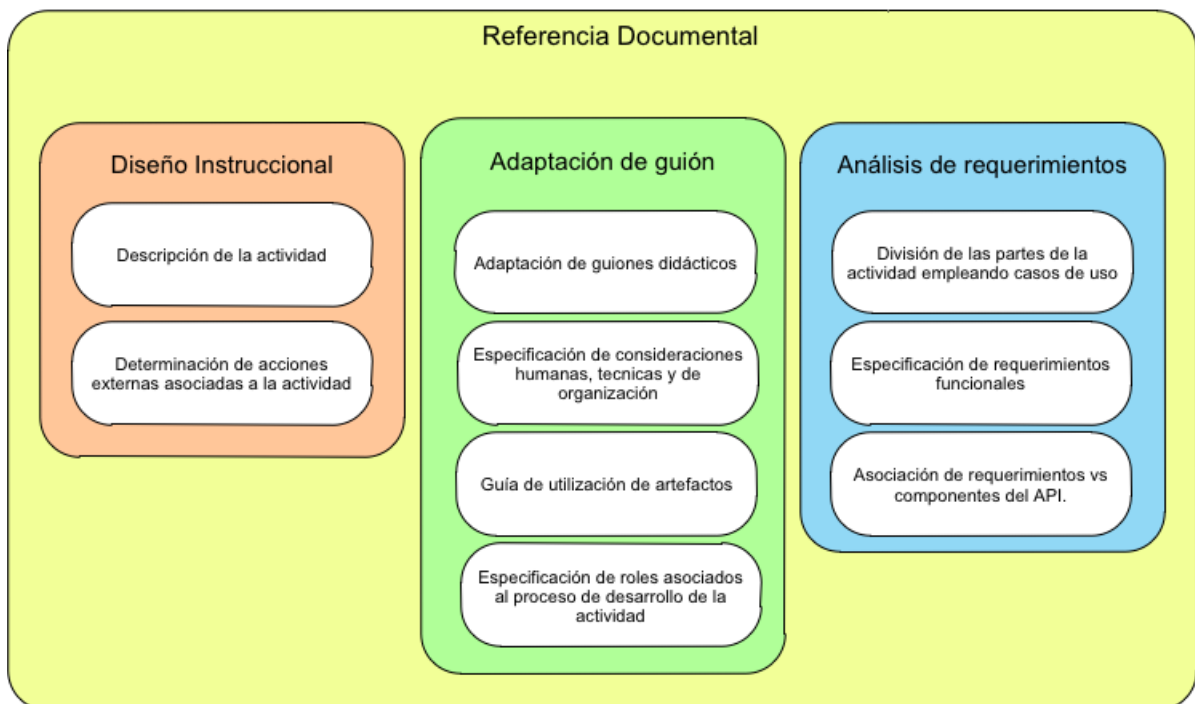


Figura 3.2: Módulos y componentes de la referencia documental

Cada componente de la referencia documental se describe a continuación :

#### 3.3.1.1. Módulo: Diseño instruccional

- **Descripción de la actividad.** Proporciona una forma estructurada para describir la actividad educativa de forma general que servirá como base para el inicio del proceso de desarrollo de la actividad.

- **Determinación de acciones externas asociadas a la actividad.** Describe procesos adicionales que son necesarios para llevar a cabo la actividad, como configuración de los equipos móviles o de escritorio, ajustes de cobertura y configuración para la actividad en general.

#### 3.3.1.2. Módulo: Adaptación del guión

- **Adaptación de guiones didácticos.** Modifica y adapta el guión original de ejecución de la actividad para que incluya como parte de la misma el uso de los dispositivos móviles y/o de escritorio, determinando el momento y las acciones que serán auxiliados por estos dispositivos.
- **Especificación de consideraciones humanas, técnicas y de organización.** Especifica las características, tareas y procesos que se deben cumplir antes de llevar a cabo la actividad y que no están contempladas dentro de la ejecución de la misma, por ejemplo como elementos necesarios previos a cada ejecución o repetición de la actividad tales como entrenamiento de uso de los dispositivos móviles, acoplamiento de los dispositivos involucrados o su preconfiguración y la coordinación humana de los participantes previa a la ejecución de la actividad.
- **Guía de utilización de artefactos.** Proporciona una referencia de uso acerca de los documentos y plantillas (artefactos) empleados por los elementos en la referencia documental describiendo los campos y sus posibles usos, así como una analogía de conceptos en el caso que se aplique.
- **Especificación de los roles asociados al proceso de desarrollo de la actividad.** Determina las acciones y responsabilidades de los involucrados en la ejecución de la actividad que pueden ser estudiante, profesor y el software, describiendo las características que cada uno debe cumplir.

### 3.3.1.3. Módulo: Análisis de requerimientos

- **División de las partes de la actividad empleando casos de uso.** Emplea casos de uso para describir a detalle las acciones a ejecutar por cada rol en una etapa específica de la actividad, siendo la base del guión final de la actividad.
- **Especificación de requerimientos funcionales.** Especifica a partir de los casos de uso, cuales requerimientos deberán ser cubiertos por el software y cuales por tecnología.
- **Asociación de requerimientos vs. componentes del API.** Relaciona cada requerimiento funcional que el software debe cubrir y donde cada uno deberá estar asociado con el elemento del API que permite implementar dicha funcionalidad.

Esta clasificación permite conocer cual es el objetivo de cada componente en la **Referencia Documental** y a que módulo está asociado; **Diseño instruccional**, **Adaptación de guión** o **Análisis de requerimientos**. Por otra parte, estos componentes se encuentran integrados en los diferentes formatos que se provee como artefactos de la propia Referencia Documental, por lo que es importante puntualizar cuales son los formatos que estas asociados a dicha referencia y cuales de estos componentes se encuentran asociados en cada formato. Cada formato se encuentra adjunto a este documento en la sección denominada “Anexos”.

Formato: **Descripción de la actividad.**

Componentes asociados: Descripción de la actividad, Determinación de acciones externas asociadas a la actividad, Especificación de consideraciones humanas, técnicas y de organización, Especificación de roles asociados al proceso de desarrollo de la actividad y Guía de utilización de artefactos.

Formato: **Caso de uso para actividad educativa.**

Componentes asociados: Determinación de las acciones externas asociadas a la actividad, Especificación de consideraciones humanas, técnicas y de organización, Especificación de roles asociados al proceso de desarrollo de la actividad, División de las

partes de la actividad empleando casos de uso, Especificación de requerimientos funcionales y Guía de utilización de artefactos.

Formato: **Especificación de requerimientos y componentes (Asociación de características).**

Componentes asociados: Especificación de requerimientos funcionales, Asociación de requerimientos vs. componentes del API y Guía de utilización de artefactos.

Formato: **Guión didáctico.**

Componentes asociados: Adaptación de guiones didácticos, Especificación de consideraciones humanas, técnicas y de organización, Especificación de roles asociados al proceso de desarrollo de la actividad, División de las partes de la actividad empleando casos de uso, Especificación de requerimientos funcionales, Determinación de acciones externas asociadas a la actividad y Guía de utilización de artefactos.

Formato: **Evaluación de la actividad.**

Componentes asociados: Descripción de la actividad, Adaptación de guiones didácticos, Especificación de requerimientos funcionales, Asociación de requerimientos vs. componentes del API y Guía de utilización de artefactos.

Como se puede observar, en todos los formatos interviene el componente de Guía de utilización de artefactos ya que cada formato incluye un documento que explica como debe ser llenado.

### 3.3.2. API para software móvil

Del mismo modo que la referencia documental, los módulos y componentes del grupo **API para software móvil** están agrupados de acuerdo a su funcionalidad programática para la que fueron creados. Este grupo contiene tres módulos encargados de la parte técnica del CA-Mobile Framework:

- **Manejo de Interacción.** Este módulo contiene los componentes encargados de proveer la funcionalidad del manejo de la interfaz gráfica del usuario, así como permitir el control

desde software de la cámara de video y fotos del dispositivo móvil, así mismo se incluye un componente encargado a la gestión, visualización y transformación de imágenes

- **Gestión de la actividad.** Los componentes de éste módulo tienen como función proveer los mecanismos necesarios para coordinar las acciones de los participantes de la actividad en términos de coordinación de la sesión activa, el control de turnos y el control de los recursos compartidos como pantallas o información. Estos componentes mantienen el control y coherencia de una sesión de comunicación colaborativa, e incluye los mecanismos tanto para administrar las sesiones de los participantes, el control de turnos es gestionado por estos componentes través del intercambio de mensajes de control y el control de piso y recursos puede ser de forma asíncrona o sincrónica.
- **Comunicación y archivos.** En éste módulo se encuentran los componentes encargados del control de la comunicación entre dispositivos móviles, la gestión y administración de los mensajes del software, así como la administración de los archivos tanto para su almacenamiento como para su eventual intercambio entre dispositivos. Estos componentes son los encargados de ofrecer mecanismos para “búsqueda y emparejamiento” de pares a través de los dispositivos móviles o PC, así como los elementos que administran el envío y recepción de mensajes de comunicación y datos, además de permitir el intercambio y control de archivos entre dispositivos móviles y PC si se requiere.

Los componentes internos de cada uno de estos tres módulos se pueden apreciar en la figura 3.3.

Cada uno de los elementos en estos módulos son descritos a continuación:

#### 3.3.2.1. Módulo: Manejo de interacción

- **Control de interfaz de usuario.** Implementa todos los componentes necesarios para crear menús y formularios de captura y presentación de información con una apariencia similar en dispositivos móviles y algunos componentes para computadoras de escritorio.

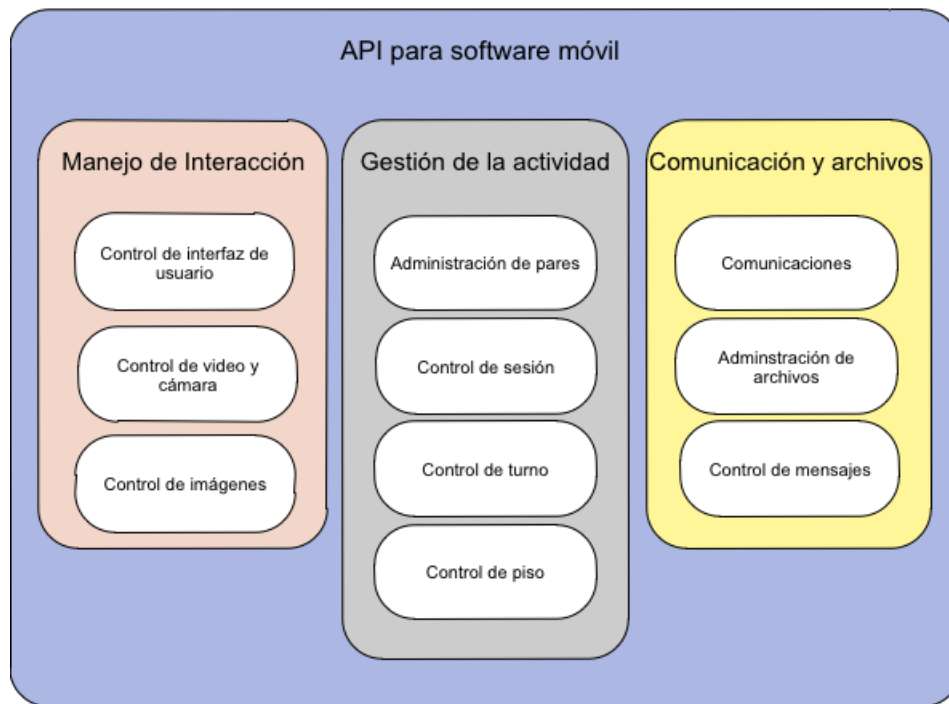


Figura 3.3: Módulos y componentes del API para software móvil

- **Control de video y cámara.** Implementa los componentes necesarios para manipular la cámara fotográfica en dispositivos móviles.
- **Control de imágenes.** Implementa los componentes necesarios para manipular contenidos gráficos tanto para visualización como selección.

### 3.3.2.2. Módulo: Gestión de la actividad

- **Administración de pares.** Ofrece mecanismos para gestionar el inicio de interacción entre pares a través de los dispositivos móviles y las PC de escritorio.
- **Control de sesión.** Implementa los mecanismos necesarios para iniciar una sesión de trabajo colaborativo entre dos o más participantes a través de los dispositivos móviles y las PC de escritorio.
- **Control de turno.** Implementa componentes necesarios para gestionar los turnos de los participantes en una sesión de trabajo colaborativo.
- **Control de piso.** Implementa los componentes que controlan el acceso a los recursos

compartidos como pantallas o historiales de mensajes.

### 3.3.2.3. Módulo: Comunicación y archivos

- **Comunicaciones.** Implementa los mecanismos necesarios para establecer comunicación entre dispositivos móviles y opcionalmente con PC de escritorio de manera inalámbrica.
- **Administración de archivos.** Implementa los componentes encargados del intercambio y control de archivos entre dispositivos móviles y PC de escritorio.
- **Control de mensajes.** Implementa los mecanismos necesarios para gestionar el intercambio, manipulación y visualización de los mensajes textuales.

La clasificación de estos elementos dentro del componente API para software móvil responde a la funcionalidad que ofrecen para su implementación programática. En este punto es importante señalar que el lenguaje de programación al que está asociado el API, es el lenguaje Java. Esta decisión de diseño fue uno de los puntos que requirió un análisis de los lenguajes existentes para desarrollar aplicaciones de software para dispositivos móviles, donde se encontró que el lenguaje que más penetración tiene actualmente en los dispositivos móviles es precisamente Java, por otra parte el hecho de elegir este lenguaje facilitó la conversión del API a su versión de PC, ya que el lenguaje está disponible tanto para computadoras de escritorio (J2SE) como para dispositivos móviles (J2ME). Por esta razón, el API fue desarrollada totalmente utilizando este lenguaje de programación.

Por otra parte, es importante recalcar que el API para software móvil y el propio enfoque de las actividades educativas colaborativas, plantean escenarios de uso mixto tanto de dispositivos móviles y PC en la misma actividad, ya sea para hacer tareas complementarias dentro de la misma actividad (el software en los dispositivos realizan una acción diferente a el software ejecutado en las PC) como para llevar a cabo tareas equivalentes (tanto el software del dispositivo móvil como el de la PC realizan las mismas acciones, aunque con diferente forma de interacción). Esta característica permite que el CA-Mobile Framework sea

flexible en ese sentido, de manera que es posible desarrollar el software usando el API tanto para dispositivos móviles como para computadoras personales, con funcionalidades similares en cuanto a los módulos **Gestión de la actividad** y **Comunicación y archivos**. Sin embargo, el módulo **Manejo de interacción** no se encuentra disponible en la versión del API para computadoras personales, debido principalmente a que no cuentan con los mismos medios de entrada/salida que tienen los dispositivos móviles como el caso de la cámara de video, la pantalla pequeña y los teclados reducidos los cuales son factores importantes en los dispositivos móviles, pero no necesariamente impactan en el caso de las computadoras personales, ya que la apariencia y uso de la interfaz gráfica del usuario utiliza elementos se pueden considerar homogéneos entre las PC, tal es el caso de las ventanas, iconos y menús.

### 3.4. Objetos Educativos Móviles (EMO)

Tomando en cuenta que el m-learning fue creado a partir del e-learning, se pueden retomar algunos enfoques que han sido probados en ese modelo y que demuestran ser efectivos para el aprendizaje. Dentro de estos enfoques existen dos que son los más relevantes para este trabajo: Por un lado los objetos de aprendizaje (OA), que plantea usar unidades didácticas autocontenidas que permiten realizar instrucción a partir de la interacción del estudiante con este objeto de aprendizaje como afirma McGreal (2004); y por otro lado el aprendizaje colaborativo soportado por computadora (CSCL) que proporciona capacidades de crear un contexto de aprendizaje basado en la interacción del estudiante con otros, como expone Weinberger et al. (2005). En este último modelo, la construcción del conocimiento individual es el resultado de la colaboración entre los involucrados en el proceso de aprendizaje como son otros estudiantes, profesor, sujeto y el contexto de estudio.

Así, tanto el enfoque de los OA como del CSCL definen un uso especializado de las TIC en la educación. Sin embargo, aunque estos enfoques no contemplan directamente el uso de tecnología móvil, sin embargo cada uno ha tratado de incorporarla con objetos de aprendizaje móvil (MLO) (Quinn, 2002) y aprendizaje colaborativo soportado por computadoras móviles (MCSCL) (Zurita & Nussbaum, 2004) respectivamente.

Tomando esto en cuenta, los aspectos teóricos, instruccionales, y tecnológicos se pueden mezclar para crear toda una solución basada en m-learning incluyendo aspectos de objetos de aprendizaje y aprendizaje móvil colaborativo. La integración de estos aspectos en una entidad se puede ver como un objeto de aprendizaje colaborativo el cual refleja estos aspectos y sus relaciones enmarcados en un objetivo bien delimitado y que en el caso de este trabajo está enfocado a realizar actividades educativas grupales. Para poder tener una referencia de cómo se integran estos elementos y qué se retoma de cada modelo de aprendizaje apoyado por tecnología, se definen los elementos que componen un objeto de aprendizaje colaborativo basado en dispositivos móviles en el cual convergen OA, CSCL y M-Learning en una entidad llamada **Objetos Educativos Móviles (EMO** de sus siglas en inglés de Educational Mobile Objects). Esta entidad propone un nuevo enfoque para diseñar actividades educativas, en donde se exploten las características de colaboración y movilidad física en una unidad didáctica autocontenida, dando origen a los EMO y al modelo que es presentado a continuación.

Cuando se habla de objetos de aprendizaje existen diversos enfoques, aunque muchos de ellos coinciden en las siguientes características: ser autocontenido, basado en un diseño instruccional previo, contar con retroalimentación y evaluación del estudiante, utilización de la tecnológica de forma que apoye al objetivo educativo y además que dicho objeto sea reutilizable e interoperable. El enfoque de los Objetos Educativos Móviles comparten primordialmente las características de los OA para e-learning en cuanto a tipo de estructura y contenido. Sin embargo, las características limitadas que tienen los dispositivos móviles comparados con una computadora personal lleva a los investigadores a desarrollar diferentes modelos de diseño. Por ejemplo, debido a las limitaciones de visualización de los dispositivos móviles, los OA deben ofrecer solo la información necesaria para llevar a cabo la instrucción y en el formato más adecuado de contenido (texto, imágenes, aplicaciones, sonido o video) según el objetivo educativo que se pretenda alcanzar con ellos. Estas consideraciones de diseño se deben analizar cuidadosamente ya que por ejemplo, en algunos casos la sustitución de una imagen por texto puede no representar mayor problema, sin embargo en otros casos

el cambio pudiera dirigir la didáctica hacia otra parte diferente a la esperada.

Tomando en cuenta lo anterior, el modelo de EMO incluye los aspectos necesarios para elaborar OA dentro del paradigma del m-learning y el aprendizaje colaborativo soportado por computadora (CSCL). Los aspectos retomados de cada uno se describen a continuación:

### 3.4.1. Enfoques adoptados dentro del modelo EMO

La funcionalidad que ofrecen los Objetos Educativos Móviles (EMO) creados a partir del modelo propuesto es el resultado de heredar diferentes características de tres enfoques principales; los Objetos de Aprendizaje (OA), el Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras (CSCL) y el propio Aprendizaje Móvil (M-Learning), en donde su integración ofrece una alternativa para el aprendizaje colaborativo a través de objetos de aprendizaje basados en móviles. En la tabla 3.1 se muestran los elementos que el modelo EMO hereda de cada enfoque.

Tabla 3.1: Características heredadas en el modelo de Objetos Educativos Móviles (EMO)

Objetos de aprendizaje	CSCL	M-Learning
Interoperabilidad	Apoyo a actividades grupales	Personalización
Reusabilidad	Comunicación cara-a-cara	Movilidad
Adaptabilidad	Comunicación remota	Portabilidad
Granularidad	Conciencia de colaboración	Conexión inalámbrica
Accesibilidad*	Apoyo mutuo	Adaptabilidad
Durabilidad*	Objetivos cooperativos	Temporalidad

Cada uno de estos aspectos provee a los EMO de una funcionalidad específica desde la perspectiva de cada enfoque, dichos aspectos dirigen el diseño instruccional para este modelo y deberán estar considerados al momento de diseñar la actividad para implementar de manera efectiva el modelo EMO, ya que estas características permitirán crear situaciones de aprendizaje que requieran una colaboración mediada por dispositivos móviles y que permita la interacción entre los estudiantes utilizando diversos medios de comunicación, ya sea móvil o fija. Los aspectos que los EMO heredan de cada enfoque listado en la tabla 3.1 se describen a continuación.

#### 3.4.1.1. Objetos de aprendizaje

- **Interoperabilidad.** Esta característica se refiere a la capacidad que tienen los EMO de poder ser etiquetado y almacenado en un repositorio de objetos de aprendizaje, para su eventual búsqueda e indexación utilizando aquellos metadatos relevantes para describir al propio objeto y la actividad a la cuál esta asociado.
- **Reusabilidad.** El modelo EMO retoma esta propiedad para poder reusar partes de la actividad que pueden ser tanto elementos del diseño instruccional como piezas del software asociado a la actividad, con la finalidad de utilizar un EMO en otro contexto sin perder funcionalidad.
- **Adaptabilidad.** Esta propiedad permite a los EMO ser utilizados en diferentes modelos de aprendizaje y adaptarse al ambiente de aprendizaje donde esté pensado permitir su uso.
- **Granularidad.** Los EMO hacen uso de esta característica para permitir la creación de objetos mas complejos a partir de otros mas sencillos, de manera que es posible utilizar en una misma actividad una combinación de diferentes EMO para alcanzar el objetivo educativo. Esto es gracias a la independencia que mantiene cada objeto y a su bajo acoplamiento respecto a otros.
- **Accesibilidad.** En el caso de la accesibilidad es importante recalcar que el ambiente distribuido de aprendizaje donde el EMO toma lugar, está limitado al contexto donde se distribuya, ya que dicho ambiente deberá contar con soporte para tecnología móvil.
- **Durabilidad.** La característica de durabilidad también se ve limitada en éste modelo, ya que por la naturaleza propia del EMO el vinculo que existe entre éste y la tecnología es muy estrecho respecto a su implementación tecnológica, por lo que la durabilidad es más corta que en los objetos de aprendizaje para e-learning, en donde un cambio tecnológico en la arquitectura que los mantiene, puede tener un impacto menor.

### 3.4.1.2. Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computadoras (CSCL)

- **Apoyo a actividades grupales.** Esta característica se ve reflejada en los EMO al estar diseñados desde un principio para ser utilizados en un ambiente grupal y de colaboración mediada por dispositivos móviles, fomentando el aprendizaje a partir de un proceso de socialización, negociación y comunicación usando tecnología móvil y opcionalmente de escritorio.
- **Comunicación cara-a-cara.** Los EMO permiten además dentro de su concepto, que las negociaciones se den de manera personal entre los estudiantes, ya que muchas actividades que utilicen un EMO requieren de procesos de coordinación humana que no están mediados por los dispositivos, por ejemplo la creación de los equipos de participantes.
- **Comunicación remota.** Una de las características más importantes que los EMO retoman del CSCL es la capacidad para mantener un canal de comunicación asíncrona durante la ejecución de la actividad. Esta característica permite mantener una forma de notificación, negociación y comunicación de los participantes basada en diferentes medios, ya sea escritos a través de mensajes o visuales a través de acciones internas del software asociado al EMO.
- **Conciencia de colaboración.** Al estar inmerso en un esquema de colaboración situada, el modelo EMO considera la existencia de mecanismos que mantengan al participante conciente en todo momento de que no está solo en la realización de la actividad, y que su papel para alcanzar el objetivo compartido es fundamental para el éxito de la actividad.
- **Apoyo mutuo.** Los EMO hacen uso de esta característica del CSCL para permitir que, a partir del uso de este tipo de objetos se proporcione un apoyo mutuo entre los participantes, donde este apoyo puede estar o no mediado por los dispositivos móviles.
- **Objetivos cooperativos.** El EMO por definición es un objeto pensado para alcanzar objetivos compartidos a través de una sesión de trabajo entre estudiantes y en donde

el proceso de aprendizaje individual se da a partir de un aprendizaje colaborativo, por lo que el enfoque de los EMO implica la cooperación de los participantes para alcanzar un mismo objetivo, en donde además de las capacidades de interacción social se cuenta con un enfoque de colaboración móvil.

#### 3.4.1.3. M-Learning

- **Personalización.** Los EMO implementan la característica de personalización debido principalmente a que es posible asociar un EMO al perfil del estudiante sin perder la capacidad de colaboración. Esto es importante en aquellas actividades donde los participantes de la actividad asumen diferentes roles durante su ejecución, ya que saber en todo momento cual es el papel del estudiante en la actividad le permitirá asumir la responsabilidad de su rol sin perder su identidad y papel dentro de la actividad.
- **Movilidad.** Este aspecto es uno de los más importantes dentro del modelo de los EMO, ya que implica contar con diferentes tipos de movilidad dentro del contexto de uso. Estos diferentes tipos incluyen movilidad física del estudiante, de los dispositivos móviles y del propio contexto, ya que es posible realizar una actividad basada en EMO en ubicaciones no preestablecidas.
- **Portabilidad.** El concepto de portabilidad es una característica que los EMO adoptan al estar diseñados desde un inicio para ser ejecutados en diferentes tipos de dispositivos móviles, lo que permite además ser portables a nivel de arquitectura de los dispositivos móviles. Otro aspecto de la portabilidad es propiamente la capacidad de ser ejecutados en el dispositivo móvil de mano, lo que permite al estudiante llevar todo el soporte tecnológico necesario para su actividad, en la palma de su mano.
- **Conexión inalámbrica.** Los EMO implementan esta característica como una de las más primordiales para el modelo, ya que están diseñados para trabajar en contextos inalámbricos, incluso cuando dentro de la actividad intervengan equipos de escritorio como PC. Tomando en cuenta las variantes que pueden existir de comunicación inalám-

brica en un dispositivo móvil, la característica de conexión inalámbrica es inherente al m-learning, y por consiguiente al modelo de EMO.

- **Adaptabilidad.** La característica de adaptabilidad se implementa en los EMO debido a que son capaces de adaptarse de manera transparente al estudiante en diferentes contextos de uso, lo que significa que un EMO tiene la capacidad de crear su ambiente de aprendizaje donde se requiera y con la infraestructura existente, aún si ésta cambia, ya que un mismo EMO puede ser ejecutado y adaptado al vuelo en diversos tipos de dispositivos móviles.
- **Temporalidad.** El enfoque de los EMO propone que para que el aprendizaje colaborativo se de a partir de un proceso de socialización mediado por dispositivos móviles, esta socialización debe ser temporal ya que esto permitirá al estudiante concluir la actividad en un periodo específico de tiempo, además de que si la actividad esta delimitada a un tiempo específico, es posible dar un seguimiento más exacto al nivel de avance en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

### 3.4.2. Características de los Objetos Educativos Móviles (EMO)

Desde el punto de vista del aprendizaje colaborativo móvil, adoptar el modelo de EMO permite centrarse en una entidad autónoma que por si misma es capaz de generar una situación de aprendizaje, interactuando con otros OA, que pueden ser o no móviles. Aquí es donde radica una de las potenciales características de los EMO; la flexibilidad que tienen para interactuar con otros objetos de aprendizaje independiente del dispositivo donde este ejecutándose. Este enfoque de extender la colaboración del OA, ofrece nuevas formas de interacción que van más allá de la interacción entre iguales que proponen tanto los objetos de aprendizaje móvil como el MCSCL, en donde los esquemas de cooperación están delimitados al ámbito móvil, que si bien es el más directo no debe ser el único.

Es importante resaltar la diferencia que existe entre los EMO y los objetos de aprendizaje móvil (OAM) que presentan autores como Holzinger et al. (2005). En el caso del modelo

EMO, los OA que se construyen están diseñados para ser usados en dispositivos móviles, pero que ofrecen posibilidades de colaboración interactuando no solo con EMO si no con otros OA basados en computadoras personales, extendiendo así sus capacidades más allá del dispositivo móvil. En contraste con los objetos de aprendizaje móvil donde todo el control de la actividad reside en el dispositivo móvil que contiene al OA y la posible colaboración solo se da entre pares que contengan otro dispositivo con capacidades similares y ejecutando una instancia del mismo OA.

Los objetos educativos móviles tienen la capacidad de interactuar con otros sistemas existentes que pueden ser móviles o no, lo que permite extender los mecanismos para la interacción entre estudiantes ya que convergen tanto usuarios móviles y fijos, donde en algunos casos esta convergencia potenciará y enriquecerá el objetivo educativo, ya que las características de los EMO permiten diferentes formas de realizar trabajo grupal entre estudiantes móviles, colaborando entre ellos y con otros estudiantes que no están usando tecnología móvil en el momento de la actividad educativa. De acuerdo con éstas características, los objetos educativos móviles (EMO) definen como:

Un objeto de aprendizaje que es pensado para desarrollar actividades de cooperación social por diversos mecanismos, basado en el uso de tecnología móvil como soporte principal y con posibilidad de interactuar con otros elementos como LO, personas y sistemas, que pueden ser móviles o no, para crear un contexto de aprendizaje colaborativo.

En el caso del modelo de EMO se adopta el concepto del aprendizaje como resultado de la interacción del estudiante y el contexto que lo rodea, incluyendo el sujeto de estudio, otras personas (pares, profesores, familiares) e incluso otras fuentes de información a las que pueda tener acceso. Partiendo del principio de que el aprendizaje es resultado de una actividad social, como expone Vérillon (2000). El modelo EMO se asocia con el aprendizaje colaborativo soportado por computadora (CSCL), el cual propone la creación de contextos sobre los cuales el estudiante puede socializar (viendo este último como la acción de compartir, retroalimentar, comunicar ideas y discutir acerca de ellas) para generar su propio conocimiento. En éste caso las vías de comunicación y colaboración que ofrece el CSCL están fuertemente ligados

al enfoque del aprendizaje centrado en el alumno, esto último porque es a partir de las necesidades del estudiante que se diseña el contexto que le permitirá cooperar con otros para lograr un objetivo educativo.

### 3.4.3. El modelo de uso híbrido de los EMO

La convergencia entre el CSCL y el m-learning plantea que es necesario ofrecer un contexto que proponga situaciones de aprendizaje sin depender de espacios físicos y tiempos definidos (principios del m-learning) y que además permita al estudiante estar trabajando de manera colaborativa con otros para la construcción de su conocimiento, como afirma Guzdial et al. (1995).

El enfoque de los EMO considera que están diseñados para el trabajo individual y en colaboración con miembros de un grupo utilizando todas las capacidades de comunicación y la colaboración que ofrece la tecnología móvil entre estudiantes independientemente del medio tecnológico que están usando para desarrollar la actividad educativa, considerando que podrán emplear dispositivos móviles y computadoras personales.

Por otra parte, la convergencia de un modelo que usa tecnología móvil y un modelo que emplea tecnología fija permite que se extiendan las posibilidades de generar situaciones de aprendizaje más ricas, debido a la gran cantidad de aplicaciones e interacciones que se pueden ofrecer compartiendo capacidades de colaboración entre EMO y su interacción con otras entidades involucradas en el proceso de aprendizaje, las cuales pueden ser, como se había mencionado, otras personas, sistemas o contextos.

Desde el punto de vista del aprendizaje colaborativo, la interacción por parte del estudiante con otros involucrados en el proceso de aprendizaje (lo que incluye a otros estudiantes, profesores, contextos y sistemas) es uno de los factores que llevan al éxito de una actividad educativa colaborativa, ya que los procesos de negociación, coordinación y socialización mediada en este caso por dispositivos móviles, permitirá al estudiante alcanzar un objetivo educativo compartido que de manera individual no tendría el mismo impacto en su experiencia de aprendizaje como sustentan Lipponen (2002); Lai & Wu (2006); Ting (2007).

# Capítulo 4

## Construcción del CA-Mobile Framework y sus componentes

Debido a que el CA-Mobile Framework contiene componentes para el diseño instruccional y para el desarrollo de software, el desarrollo de sus elementos educativos y tecnológicos se hizo de manera paralela para mantener el enfoque de integrar al producto final diferentes elementos como los formatos de diseño, los guiones didácticos y el software, donde juntos constituyen a lo que en este trabajo se le denomina “**Actividad Educativa basada en Móviles**” y que contiene los siguientes elementos:

- **Descripción de la actividad.** Es un documento que describe de manera general el objetivo de la actividad, su audiencia, tiempo y requerimientos básicos, así como una breve descripción del proceso de ejecución de dicha actividad. Este documento es un diseño instruccional previo y sirve como primer avance para el desarrollo de la actividad completa. Se retoma la información contenida en el formato con el mismo nombre.
- **Diseño Instruccional.** Es un conjunto de documentos (casos de uso) que describen a detalle el desarrollo de los procesos que componen a la actividad, y que pueden servir para saber que tareas están asociadas a la realización de una actividad educativa. Están basadas en formatos de casos de uso ya que estos documentos son utilizados por los programadores para implementar el software que sirve como apoyo a la actividad. Toda

la información contenida en estos documentos, puede ser reutilizada para generar nuevas actividades o para extender a la existente, la información esta contenida dentro de los casos de uso.

- **Guión Didáctico.** Es un documento que sirve de apoyo a la hora de llevar a cabo la actividad con los estudiantes, conteniendo los detalles importantes que debe conocer el profesor para ejecutar de manera satisfactoria la actividad. Opcionalmente puede servir de apoyo directamente a los estudiantes si la actividad fue pensada para llevarse a cabo por los estudiantes solamente. Toda la información de este documento es extraída y sintetizada de los documentos del diseño instruccional y los casos de uso ya que en ellos se detalla, entre otras cosas, las tareas que deben realizar tanto profesor, estudiantes y la tecnología.
- **Especificación de Roles y Tareas.** Es parte del documento descripción de la actividad, donde se especifican que roles van a existir dentro de la actividad, así como sus responsabilidades para que se alcance el objetivo de la actividad. Esta información también es extraída y sintetizada de los documentos del diseño instruccional, en específico de los casos de uso.
- **Especificación de requerimientos y materiales.** Este es un documento donde se especifican cuales son los materiales, equipo o instalaciones se requieren para poder ejecutar la actividad satisfactoriamente. Esta especificación puede contener requisitos de instalación de software o configuración de los dispositivos móviles o computadoras previos a la realización de la actividad. Estos requerimientos vienen contenidos en los formatos de casos de uso, opcionalmente se pueden enlistar en un documento independiente para tener más control.
- **Software de apoyo a la actividad.** Son los paquetes de software que se requieren para ejecutar la actividad, los cuales pueden ser instalados en dispositivos móviles y opcionalmente en PC. Debido a la naturaleza de las actividades educativas basadas en dispositivos móviles, es común que una sola actividad requiera más de una versión del

software para llevarse a cabo, ya que cada versión del software puede estar asociada a un rol específico dentro de la actividad, y si la actividad incluye dos o más roles, seguramente existirá una versión del software que apoye a cada uno de estos roles.

Estos elementos permiten saber qué es lo que se espera como resultado de la aplicación del CA-Mobile Framework en el desarrollo de actividades educativas, donde a excepción del elemento “Software de apoyo a la actividad”, todos son documentos que contienen información extraída de los formatos de la Referencia Documental.

Todos los componentes de la referencia documental responden principalmente a las tareas específicas del diseño instruccional, pero que contempla un enfoque basado en el uso de dispositivos móviles como elemento tecnológico mediador dentro de la actividad. Por su parte los elementos del API para software móvil están enfocados a ofrecer una forma simplificada de implementar los mecanismos de comunicación y coordinación, además de otros elementos específicos del manejo de dispositivos móviles como el acceso a la cámara o envío y/o recepción de datos usando el protocolo OBEX Push. Los dos grupos de elementos, la Referencia documental y API para software móvil, son descritos a continuación.

## 4.1. Referencia Documental

Este elemento del CA-Mobile Framework representa una parte fundamental para el éxito de una actividad educativa colaborativa basada en dispositivos móviles, ya que es el punto de partida para el desarrollo y sus elementos dan apoyo durante todo el proceso completo. Los elementos conceptuales se ven clasificados por funcionalidad, y es importante recalcar que algunos de estos elementos se ven englobados en un solo formato para simplificar trabajo. Las categorías de la referencia documental; Diseño instruccional, Adaptación de guión y Análisis de requerimientos se ven inmersas en los diferentes formatos que componen a la referencia documental, además de otros elementos como guías de llenado de formatos y videos de referencia que no están clasificados en la referencia documental, pero que son de apoyo para la correcta utilización de los formatos que comprenden a este componente. Una

descripción de cada formato que compone a la referencia documental y los componentes que están relacionados se describe a continuación.

**Descripción de la actividad.** Este formato describe de manera general la actividad en términos educativos proporcionando información relacionada con el nombre de la actividad, el objetivo educativo, así como las habilidades fomentadas dentro de la actividad. Del mismo modo se define la audiencia a la que está dirigida y su duración; así mismo se definen tareas previas de coordinación (Ej. formación de equipos) y los materiales requeridos de forma grupal o individual. Otra información importante es que en este formato se describe de forma general como se ha de llevar a cabo la actividad especificando los roles involucrados. El formato tiene como objetivo dar un punto inicial para el diseño posterior, tanto instruccional como de software, por lo que se recomienda a los profesores y diseñadores instruccionales poner el máximo detalle posible, lo que permitirá ver claramente el uso de la tecnología móvil y como apoyará a alcanzar el objetivo educativo planteado. El formato esta diseñado de forma que su llenado sea lo mas claro posible tanto para el profesor como para el diseñador instruccional ya que este formato sirve como guía inicial para la descripción y especificación de los documentos posteriores (casos de uso y guiones didácticos). El formato completo se puede ver en la sección de anexos “Documentos de la referencia documental” de este trabajo.

**Casos de uso.** Este formato se toma del ámbito del diseño y análisis de sistemas de información, principalmente para contar con un formato estándar en el desarrollo de software (ya que al final, el Framework se usa para desarrollar software móvil también) y que pudiera ser llenado por los profesores y diseñadores instruccionales con ayuda de los programadores, y que reflejara la información importante que contextualice las funciones del software que se construirá a partir de las necesidades planteadas en estos casos de uso. La estructura general de estos documentos es típica de cualquier caso de uso, con las secciones de datos generales del caso de uso, asociación con otros casos de uso, actores, entradas, salidas así como el flujo básico de eventos de éxito. Sin embargo, se realizó una especialización respecto a la información correspondiente a las precondiciones, sección dedicada a especificar las condiciones iniciales a partir de las cuales el proceso (caso de uso) en cuestión va a tener un flujo de eventos exitoso.

En esta sección se decidió separar las precondiciones en; Humanas, Técnicas y Logísticas. Cada una de ellas debe especificar unas precondiciones que se describen a continuación.

- **Precondiciones Humanas.** Especifica habilidades, conocimientos y destrezas que los participantes deben tener para llevar a cabo de manera satisfactoria la actividad. Ejemplos: Los participantes deberán tener experiencia en el uso de algún navegador de Internet. El participante deberá tener conocimientos de aritmética básica.
- **Precondiciones Técnicas.** Especifica el estado en el que deben encontrarse los recursos tecnológicos que serán empleados durante la actividad. Ejemplo: La computadora deberá estar ejecutando un navegador de Internet. El celular deberá tener activado el Bluetooth.
- **Precondiciones de Logística (Organización).** Especifica la logística de la actividad en términos de roles y administración de recursos materiales. Ejemplo: Haber asignado a los integrantes de cada equipo. Haber entregado el material necesario para realizar la actividad.

Esta separación del tipo de precondiciones permite conocer más a detalle qué tareas deben realizarse con antelación, incluso antes de que se prepare la actividad (Precondiciones Humanas, por ejemplo), aquellas tareas que incluso no necesariamente las debe realizar en profesor en el aula de clase (Precondiciones Técnicas) o incluso las tareas previas a la ejecución de la actividad (Precondiciones de Logística). Los casos de uso son los formatos donde se requiere una explicación más detallada de los procesos y tareas involucrados, ya que cualquier omisión o información que se de por hecho pudiera impactar en las características del software móvil o en la propia actividad (algo ya conocido y que no es propio de cualquier buen diseño de sistemas). Estos documentos pueden ir modificándose o detallándose conforme avanza el proceso de desarrollo, ya que no se ocupan todos los casos de uso para comenzar con el proceso de construcción del software, debido a que algunos modelan tareas propiamente de procesos humanos o de configuración de equipo, por lo que se puede pasar a la etapa de desarrollo del software aún sin tener todos los casos de uso terminados. Sin embargo es altamente recomen-

dable contar con la mayoría de ellos antes de comenzar dicha etapa. Para tener una vista más clara de cuales y cuantos casos de uso se deben realizar/llevar a cabo, se pueden utilizar como herramienta complementaria un diagrama de casos de uso, que permitirá tanto a profesores, diseñadores instruccionales y programadores saber en cuántas y cuales tareas o procesos se esta fragmentando toda la actividad propuesta, recordando que de cada proceso importante y de valor corresponde un caso de uso. En este caso, el apoyo de los programadores facilitará la identificación de los procesos involucrados y sus respectivas especificaciones que serán llenadas en estos formatos de casos de uso, por lo que se recomienda que esta tarea se realice en conjunto con los diseñadores instruccionales y los programadores, al menos en aquellos casos de uso que involucren a los dispositivos y software móvil.

**Especificación de requerimientos y componentes (Asociación de características).** Debido a que en los casos de uso se especifican los requerimientos funcionales que deberá cumplir el software pero no qué partes del API se podrían usar, se diseñó este documento que tiene precisamente ese objetivo, dar una asociación preliminar de cuales elementos del API para software móvil (CA-Mobile API) sería recomendable usar para cubrir satisfactoriamente las necesidades de la actividad. Este documento tiene dos funciones: La primera función es la de permitir a los programadores identificar y asociar funcionalidades que se pueden cumplir con el API a través de un análisis semántico del texto en los flujos básicos de éxitos en los casos de uso, identificando aquellas palabras claves (verbos) las cuales están asociados a ciertas funcionalidades del API. Esto con la finalidad de conocer cuales son los requerimientos que se cubren total o parcialmente con el API y cuales deberán de desarrollarse sin su uso. Adicionalmente, esto puede apoyar para realizar una estimación de tiempo de desarrollo, ya que se sabe con antelación cuales requerimientos ya están cubiertos con el API y cuales faltan por cubrir. La segunda función de éste documento es permitir a los programadores que no están familiarizados con el API, saber que “componentes” deben aprender a usar exactamente para una actividad en específico, ahorrando tiempo en el aprendizaje y aplicación del API. Este formato es único por actividad y debe ser llenado por los programadores y opcionalmente auxiliado por los diseñadores instruccionales, toda vez que los casos de uso donde intervienen

el software o dispositivos móviles estén completados ya que los requerimientos descritos en ellos son los que se deberán cubrir usando el API.

**Guiones didácticos.** Durante el proceso de desarrollo del software se pueden ir detallando los flujos básicos de éxito en los casos de uso para agregar más detalles debido a que ya se pueden conocer algunas características relevantes del software como nombres de opciones o mensajes en pantalla. Al final del proceso se tiene un formato de descripción de la actividad más detallado, pero no da referencia de como se han de llevar a cabo todas las tareas y procesos de la actividad en el aula. Por ello se diseñan los formatos de guiones didácticos, que son una síntesis de los flujos básicos de éxito de los casos de uso mas importantes para el profesor y opcionalmente al estudiante a la hora de ejecutar la actividad. Estos guiones didácticos pretender ser un apoyo en términos de los procesos, tareas y secuencias que deben realizar durante la ejecución de la actividad. Se dice que son una síntesis de los casos de uso, porque sólo se toma lo más relevante para la ejecución y no se consideran el cumplimiento de las precondiciones. Opcionalmente se pueden sugerir en este documento flujos alternos si es que alguna tarea pudiera no realizarse adecuadamente o no completarse en el tiempo esperado. Este documento no es obligatorio desde el punto de vista funcional de la actividad, pero es recomendable contar con él para replicar la actividad con diferentes profesores o alumnos. Pueden existir dos versiones del guión didáctico; una para el profesor y una para el estudiante, en donde la idea es orientarlos respecto al orden de las tareas y cómo deben de ejecutarse para realizar satisfactoriamente la actividad. Adicionalmente el diseñador instruccional puede agregar detalles o recomendaciones para el profesor durante la realización de la actividad.

**Evaluación de la actividad.** Este formato funciona como un mecanismo simple de verificación del cumplimiento de los requerimientos funcionales en el software. Al final del proceso de desarrollo se realiza una verificación empleando un formato donde vienen enlistados los mismos requerimientos funcionales del formato “Especificación de requerimientos y componentes”, además de una columna para evaluar el grado de cumplimiento del requerimiento según la percepción del evaluador (que puede ser el profesor o el diseñador instruccional

apoyados por el programador) usando una escala graduada con valores del cero al cinco, donde el cero es “no cubierto” y el cinco “completamente cubierto”, así como un campo para observaciones por requerimiento. Este formato sirve como medio de retroalimentación para modificaciones al software, por lo que su llenado se puede realizar teniendo el primer prototipo funcional del software y no necesariamente hasta tener la versión final. Esta validación debe realizarse una vez que el evaluador ha visto o probado el software en un pilotaje de como sería el uso del software y los dispositivos móviles en ejecución de la actividad. Adicionalmente los programadores pueden auxiliar al evaluador en términos de identificar o explicar cómo es que un requerimiento se cubrió en el software, ya que algunos de ellos podrían no ser tan claros o evidentes solo con el uso del software. Puede existir más de un documento de validación dependiendo de cuantas iteraciones al proceso de desarrollo se realicen. La función principal de este documento es comprobar de manera simplificada que todos los requerimientos funcionales están cubiertos en el software y que será posible apoyar, con el uso de éste, al objetivo planteado en la actividad educativa.

**Guía de llenado de los formatos.** Todos los formatos descritos anteriormente cuentan con una guía de llenado donde se describe la información que se espera en cada uno de los campos de los formatos, en forma de apoyo para su correcto llenado para que contengan la información que realmente se requiere en cada uno de ellos. Las guías para la descripción de la actividad y los casos de uso contienen además, ejemplos del tipo de información que corresponde en un campo específico, con la finalidad de orientar a la persona que este llenando los formatos en como puede ser una forma clara de describir alguna información requerida en estos documentos. En el caso de la guía para la especificación de requerimientos y componentes enlista las diferentes funcionalidades que pueden ser cubiertas por el API del CA-Mobile Framework, así como su descripción y una lista de las posibles palabras o frases que se encuentran en los flujos básicos de éxito de los casos de uso y que permiten identificar una funcionalidad en específico aún cuando no esta descrita de manera explícita. Las guías para los formatos de los guiones didácticos y la validación de requerimientos son documentos donde explican la naturaleza de los documentos en cuestión, así como una descripción de los

campos que contienen y la información esperada en forma textual.

Todos estos formatos listados en la tabla 4.1 se encuentran en el anexo A: Documentos de la Referencia Documental y componen el sustento documental del proceso de diseño instruccional de la actividad.

Tabla 4.1: Documentos que pertenecen a la Referencia Documental y que resultan del proceso del diseño instruccional de la actividad

Referencia Documental
Descripción de la actividad
Casos de uso
Especificación de requerimientos y componentes
Guiones didácticos
Evaluación de la actividad
Guía de llenado de los formatos

## 4.2. CA-Mobile API

El segundo gran componente del CA-Mobile Framework es el API para software móvil. Este componente provee apoyo a los programadores para desarrollar el software de una actividad educativa determinada. Como es un componente tecnológico, su creación siguió un proceso estandarizado de software, en este caso basado en componentes.

El API provee a su vez diferentes componentes para funcionalidades específicas como comunicación, control de usuarios y sesiones, administración de recursos y archivos, así como elementos de interfaz gráfica. Estos componentes permiten a los programadores implementar dichas funcionalidades de manera simplificada ahorrando tiempo y complejidad en el proceso de desarrollo del software. Un punto importante es recalcar que, de acuerdo el modelo de actividades al que está dirigido el CA-Mobile Framework (modelo de Objetos Educativos Móviles), el API fue desarrollado con la característica de poder utilizarse tanto en dispositivos móviles como en computadoras personales, por lo que existen dos versiones del API para cada plataforma, que a excepción de los aspectos de interfaz gráfica y control de multimedia (que no tienen el mismo uso en PC que en móvil), los demás componentes trabajan de forma

similar. Las arquitectura de la versión del CA-Mobile API para dispositivos móviles se puede apreciar en la figura 4.1.

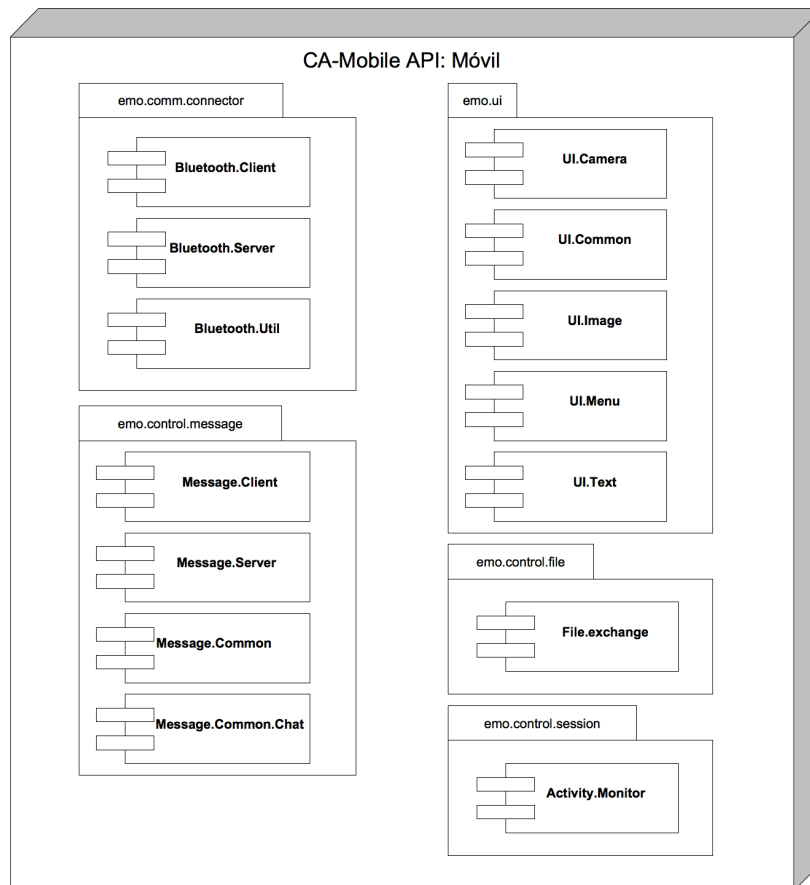


Figura 4.1: Diagrama de componentes del CA-Mobile API en su versión para dispositivos móviles

La versión para computadoras personales se puede ver en la figura 4.2, donde la única diferencia es el componente destinado a la interfaz gráfica de usuario, ya que en el caso de las PC el aspecto y la forma de crear vistas y formularios para los programas no cambia, es la misma y es estándar, cosa que no ocurre en los dispositivos móviles y en especial con Java Micro Edition, donde no existe un modo de mantener el mismo aspecto de los controles y menús sin emplear librerías de terceros, además de que en el caso de las PC no se ocupa la cámara de video y fotografía para el CA-Mobile Framework ya que no es un aditamento típico en las computadoras personales.

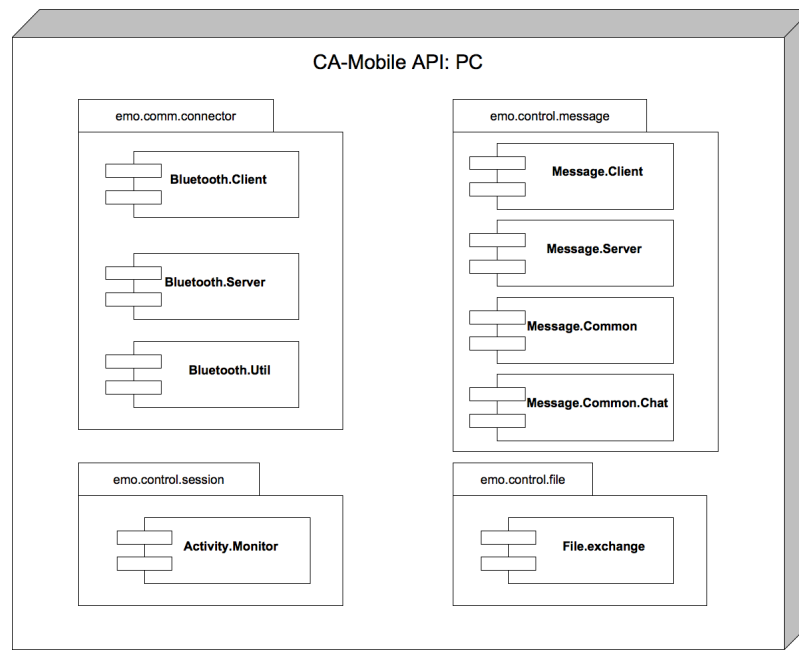


Figura 4.2: Diagrama de componentes del CA-Mobile API en su versión para PC

A continuación se describe la funcionalidad provista por cada componente a fin de conocer exactamente cual es el uso y utilidad en el desarrollo del software, ya sea para móvil o PC.

En el caso de los proyectos que se han probado con el CA-Mobile API, la comunicación se hizo a través del protocolo de comunicación Bluetooth, sin embargo la arquitectura del Framework permite integrar posteriormente otros medios de comunicación como Wi-Fi, GSM o 3G.

**Bluetooth.Client** Este componente esta específicamente diseñado para establecer comunicación con un objeto `Bluetooth.Server`. Tiene implementadas seis clases publicas que tienen diferentes usos:

La clase **BTNode** representa al hardware Bluetooth local, tiene implementadas las funciones de inicialización y obtención de información del dispositivo, adicionalmente contiene métodos para la asignación del nombre, ya que en algunos casos el nombre asociado directamente al dispositivo no es representativo del usuario, ya que el dispositivo puede tener asignado o bien un nombre de fabrica (Ej. Nokia 5330) o un sobrenombre (Ej. M4Tr1X).

Existen tres métodos de conectarse y establecer comunicación a un servidor **BTServer** usando las clases de este paquete, sin embargo cada método tiene sus características específicas y su utilización depende del contexto de uso donde se requiera:

Método 1. Es el más simple de ellos, utiliza la clase **BTClientECHO** la cual se conecta con el primer servidor disponible que encuentre y que publique el servicio requerido, y la comunicación entre el servidor y cliente es unidireccional (de cliente a servidor). El cliente realiza una copia local (de ahí el nombre de ECHO) del mensaje enviado al servidor, es decir, que el servidor jamás envía mensajes de retorno, solo recibe información. Del mismo modo el cliente envía datos y almacena una copia local del mensaje enviado. Esto puede ser útil cuando se necesita enviar información ocasional al servidor, sin que se mantenga una conexión persistente entre ellos, los detalles se muestran en la figura 4.3.

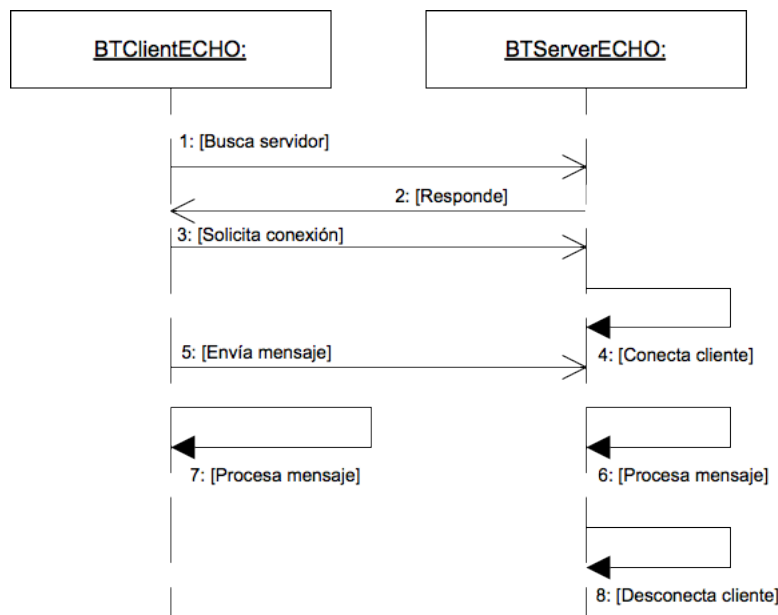


Figura 4.3: Método de conexión entre Cliente y Servidor ECHO

Método 2. Este método usa la clase **BTClientSingle** para conectarse con el primer servidor disponible que encuentre y que publique el servicio requerido, con la diferencia de que la comunicación entre el servidor y el cliente es bidireccional. Ambos pueden enviar y recibir información de la contraparte, de modo que la conexión se vuelve persistente mientras

la sesión de comunicación este activa (véase figura 4.4). Este método resulta útil en contextos donde solo exista un servidor en el área de búsqueda, pero el servidor puede aceptar hasta siete dispositivos conectados de manera concurrente. Tanto la clase **BTClientSingle** como la clase **BTServiceFinder** contienen un parámetro para especificar el rango de dispositivos incluidos en una búsqueda, donde se puede especificar que la búsqueda se realice solo en teléfonos celulares o en cualquier tipo de dispositivo incluyendo computadoras personales o impresoras. No esta por demás recalcar que esta filtración de dispositivos tiene un impacto directo en el tiempo de búsqueda.

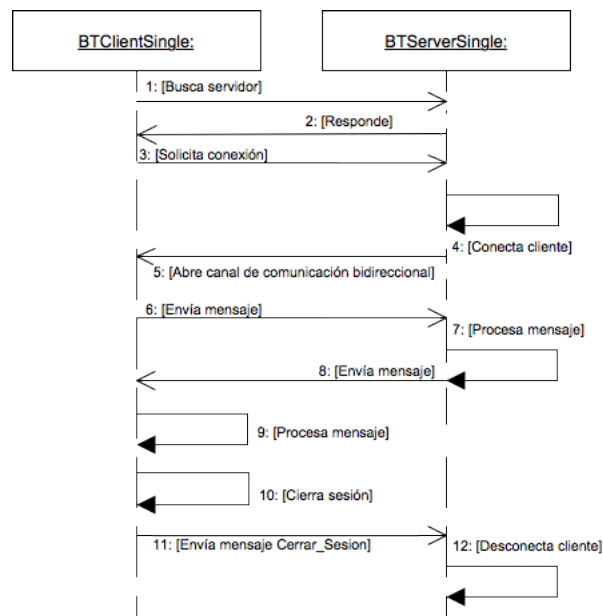


Figura 4.4: Método de conexión entre Cliente y Servidor Single

Método 3. Es el método más completo y utiliza las clases **BTServiceFinder**, **BTConnector** y **BTDeviceWithService** para realizar una búsqueda y conexión desacoplada. Primero se busca el servicio requerido en todos los dispositivos del área (usando la clase **BTServiceFinder**) que estén configurados como visibles (esto se realiza con la clase **BTNode**), posteriormente se genera una lista con los datos de cada servidor usando una instancia de **BTDeviceWithService** por cada uno, esta clase incluye información acerca de la cadena de conexión necesaria para establecer comunicación con él. Posteriormente, se selecciona el

servidor con el que se quiere establecer conexión y se utiliza la clase **BTConnector** para a partir de la cadena de conexión, establecer comunicación directa con el servidor en cuestión. El funcionamiento de este método se puede ver en la figura 4.5. Este método es bastante flexible ya que, al tener separado el gestor de conexión y el buscador de servicios, es posible conectarse directamente a un servidor si se conoce previamente la cadena de conexión para el servicio requerido la cual se puede recuperar de una base de datos o de un archivo de configuración, disminuyendo así el tiempo de búsqueda y especificando a que servidor se deberá conectar sin importar si existe mas de un servidor activo en ese momento.

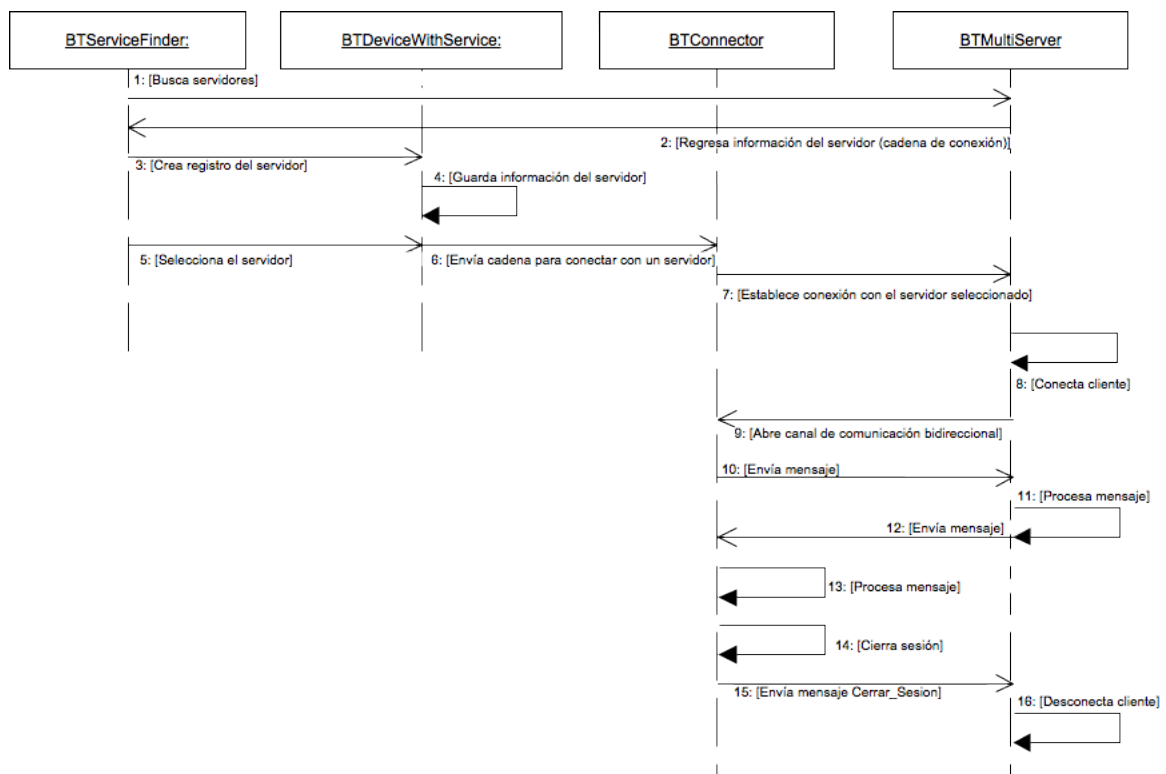


Figura 4.5: Modelo de conexión entre un Servidor Múltiple y un Cliente desacoplado

**Bluetooth.Server** Este paquete engloba la funcionalidad necesaria para implementar diferentes mecanismos de servidores, los cuales ofrecen tres tipos diferentes de servidor dependiendo del tipo de uso que se requiera. Los tipos de servidores se describen a continuación:

La clase **BTServerECHO** es el servidor Bluetooth más sencillo ya que no mantiene conexiones persistentes con los clientes; solo admite un mensaje por cliente y posteriormente cierra la conexión. Tampoco envía al cliente ningún tipo de mensaje ni confirmación y el procesamiento del mensaje recibido se hace de manera interna. Su uso está asociado a la clase **BTClientECHO**. Su funcionamiento se puede ver en el diagrama de la figura 4.3. Este tipo de servidor es ideal para escenarios donde solo se requiera recibir información por parte de los clientes de forma esporádica (un mensaje informativo o una notificación), agilizando el envío de información y posibilitando al servidor para atender diferentes clientes de modo síncrono.

El servidor **BTServerSingle** provee funcionalidad para implementar un servidor que admite un cliente a la vez con una conexión persistente y trabaja en conjunto con la clase **BTClientSingle**. Cuando el cliente activo cierra la sesión el servidor estará libre para atender a otro cliente. Esto es ideal en escenarios donde se requiera de mantener una conexión punto a punto entre el cliente y el servidor. La comunicación es bidireccional, lo que permite enviar o recibir mensajes desde el servidor y opcionalmente hacer una repetición del mensaje al cliente. Esta característica (también disponible en el **MultiServer**) es totalmente configurable y permite implementar diferentes tipos de envío por parte del servidor. Su funcionamiento se puede ver en la figura 4.4. Los detalles se describen en el siguiente tipo de servidor.

El tipo de servidor **BTServerMulti** es el más completo y trabaja en conjunto con la clase **BTServiceFinder** y **BTConnector** para proveer comunicaciones multi-cliente con conexiones persistentes hasta con siete dispositivos conectados de manera simultánea. La comunicación es bidireccional y puede existir comunicación centralizada y controlada por el mismo servidor. Su funcionamiento se puede ver en la figura 4.5. Este servidor al igual que el servidor **BTServerSingle**, provee un mecanismo para replicar los mensajes entrantes a los clientes en tres modalidades que permiten mantener un diferente control dependiendo de la configuración del parámetro `modeBroadcast` el cual tiene tres posibles valores; `AUTO_BROADCAST`, `SINGLE_BROADCAST` y `MANUAL_BROADCAST`, los detalles de cada uno son:

- **AUTO\_BROADCAST**. Habilita un auto-envío del mensaje entrante a todos los clientes conectados en ese momento, incluyendo el remitente del mismo a excepción del propio servidor, esto sirve para cuando se requiere que el servidor gestione completamente la recepción y envío de todos los mensajes entrantes.
- **SINGLE\_BROADCAST**. Habilita al servidor para enviar una copia del mensaje entrante a todos los clientes conectados a excepción del remitente. Esto permite disminuir el tiempo de respuesta y el tráfico de datos, dejando el control del mensaje enviado totalmente al remitente.
- **MANUAL\_BROADCAST**. Esta configuración desactiva el re-envío automático de mensajes por parte del servidor. No obstante se puede elegir desde el servidor el enviar un mensaje a un cliente en específico a través de su ID interno. Esto es ideal en escenarios donde no se requiere replicación automática de mensajes y el servidor sea completamente el responsable de a quien se le debe enviar algún mensaje en particular.

**Bluetooth.Util** Este paquete incluye tres clases que ofrecen funcionalidades muy particulares que se consideraron como herramientas complementarias (de ahí el nombre de utilerías) que no son necesarias para la comunicación Bluetooth, pero que presentan utilidades para extender y facilitar la gestión y administración desde una aplicación de software de diversos dispositivos o programas para Bluetooth, las cuales representan parte de la configuración previa de los dispositivos antes de la comunicación (Ej. emparejamiento). Las clases contenidas en este paquete se describen a continuación:

La clase **BTFinder** provee la función de un buscador de dispositivos con información detallada de cada dispositivo encontrado, la cual es almacenada en instancias de la clase **BTDevice**. Esta clase contiene más información que la clase **BTDeviceWithService**, ya que ofrece información adicional del tipo y subclase del dispositivo, datos que ayudan a una mejor clasificación de los dispositivos encontrados.

Por su parte la clase **ConfigurationReader** ofrece un mecanismo para leer un archivo de configuración desde un archivo comprimido en formato .jar (el formato usado para distribuir

software para dispositivos móviles), donde dicho archivo contiene entre otras cosas, la cadena de conexión de un servidor previamente configurado, el número de turno y cantidad de participantes. Estos datos permiten que un programa cliente creado con el CA-Mobile API conozca desde el principio a qué servidor se debe conectar, así como el número de participante dentro del software le corresponde. La idea de proveer un mecanismo para leer un archivo con estos datos proviene de la utilidad de crear aplicaciones en software preconfiguradas que disminuyan el tiempo de búsqueda y configuración, lo que puede resultar muy útil en el escenario de una sesión típica de clase en aula.

Por otra parte, el CA-Mobile API contiene diferentes clases para gestionar el envío y recepción de mensajes dentro de una aplicación de software. Estas clases se describen a continuación.

**Message.Client** Con la finalidad de mantener independencia del manejo de los mensajes entre aplicaciones y el medio de comunicación, se decidió desacoplarlos para no depender del medio, así se pueden implementar otros componentes de comunicación sin afectar la implementación y manejo de datos en las aplicaciones. Por ello el paquete completo de Message incluye los componentes necesarios para el control e intercambio de mensajes. En el caso de éste paquete contiene dos clases utilizadas por las aplicaciones tipo cliente para gestionar el envío y recepción de los mensajes. Las clases que contienen el paquete son:

La clase **MessageReceiver** que se encarga de crear un mecanismo tipo “listener” utilizando un hilo de procesamiento independiente (thread) para recibir todos los mensajes provenientes del servidor. Cabe señalar que aunque exista más de un cliente conectado de manera simultánea, no existe ningún tipo de comunicación directa entre pares ya que trabajan en un esquema cliente servidor y no punto a punto. La recepción de mensajes es de forma asíncrona por lo que se requiere de éste tipo de mecanismo activo.

Por su parte la clase **MessageSender** crea un mecanismo pasivo que trabaja por petición solo cuando es necesario enviar un mensaje. No requiere un funcionamiento persistente como la clase **MessageReceiver**, ya que es el propio programa cliente quien sabe en que

momento requiere usar el envío de mensajes. Ambas clases de este paquete son utilizadas por los diferentes tipos de clientes, ya que su utilidad no depende del tipo de implementación (Cliente ECHO, Cliente Simple o Connector).

**Message.Server** Las clases que se encapsulan en este paquete tienen como tarea gestionar el envío y recepción de mensajes por parte del servidor, que en su funcionamiento difieren de las clases para los clientes, ya que los mecanismos implementados requieren otros aspectos como concurrencia, así como una implementación diferente para el servidor que atiende a un cliente y una para el servidor multi-cliente. Para el caso del cliente ECHO, no se requiere una implementación del lado del servidor para gestionar el tráfico de mensajes, ya que no existe tal. El funcionamiento de las clases en este paquete se describen a continuación:

La clase **MessageSingleReceiverSvr** gestiona la recepción de mensajes en un servidor simple que atiende a un solo cliente y mantiene la conexión persistente hasta que el cliente cierra la sesión o el servidor desconecta al cliente y ocupa un hilo de procesamiento independiente para realizar la recepción de mensajes. La decisión de crear por separado un servidor para el esquema de cliente simple y uno para múltiples clientes obedece al criterio de hacer el trabajo del servidor más eficiente, tomando en cuenta que el servidor puede ser ejecutado en un dispositivo móvil donde sus capacidades de procesamiento pueden ser limitadas.

La clase **MessageSingleBroadcaster** es la encargada de hacer el re-envío de mensajes al cliente conectado en ese momento, utiliza un mecanismo pasivo que se utiliza solo cuando es necesario re-enviar un mensaje.

En el caso de la clase **MessageReceiverSrv**, ésta implementa el mecanismo necesario para recibir los mensajes provenientes de los diversos clientes conectados, creando una pila de hilos de procesamiento (uno por cliente) para atender los mensajes entrantes. Es un mecanismo concurrente que puede atender un máximo de siete clientes conectados. Si algún cliente cierra la sesión, el servidor puede atender a un nuevo cliente. Esta clase solo mantiene activos los hilos de procesamiento necesarios dependiendo del número de clientes conectados en ese momento.

Por su parte la clase **MessageBroadcaster** tiene como función replicar los mensajes provenientes de un cliente a los demás a través del servidor. En el caso del servidor multi-cliente este mecanismo es el único de tipo activo, ya que debe mantener la replicación activa en todo momento de modo que al llegar un mensaje, éste sea replicado a los demás clientes en el menor tiempo posible.

**Message.Common** Debido a que el intercambio de mensajes entre servidor y clientes se hace a través del intercambio de mensajes, se definieron tres clases que implementan una forma uniforme de procesar los mensajes tanto para los clientes como para el servidor, de manera que ambos programas implementan la misma forma de procesar los mensajes. Estas clases se describen a continuación:

La clase **Message** encapsula por si misma al mensaje que se intercambiará, donde la información contenida incluye el tipo de mensaje que define si es un mensaje de control del propio API, o un mensaje que deberá procesar el propio programa que lo reciba. Así mismo incluye el cuerpo del mensaje que es en sí el contenido textual, el cual pueden ser a su vez, mensajes de control definidos en la aplicación que implemente su propio vocabulario, como en el caso de un juego. Este tipo de mensajes es utilizado tanto por los clientes como por los servidores para mantener también el control de los usuarios y sus sesiones.

Este paquete incluye dos interfaces que definen la manera en que deberán procesarse los mensajes y mantener la lista de usuarios activos a través de los clientes y el servidor, esas clases son **IMsgProcessor** e **IRoster**.

La interfaz **IMsgProcessor** es una de las más importantes del protocolo de intercambio de mensajes, ya que define todos los métodos que deberán de implementarse para que los componentes especializados de comunicación (en este caso del paquete Bluetooth), ya que ellos utilizan las clases que implementan estas interfaces para procesar los mensajes entrantes de acuerdo a su tipo. Esta clase contiene la definición de diferentes constantes numéricas utilizadas para conocer el estado de una conexión entre dispositivos Bluetooth, lo que permite a la clase **Activity.Monitor** (descrita más adelante) saber en que fase del proceso de establecimiento de la comunicación se encuentra un intento de conexión. Esto significa que

la cualquier clase que implemente esta interfaz, será capaz de procesar tanto los mensajes previos al inicio de sesión y posteriores, ya como parte de la comunicación una vez establecida la comunicación.

La interfaz **IRoster** permite a la clase que la implemente mantener una lista de los usuarios con una sesión activa en el servidor, esta lista de usuarios (roster) es replicada por el servidor en el momento de que un cliente inicia o cierra una sesión. La implementación de esta interfaz dentro de cualquier programa que utilice el CA-Mobile API es necesaria ya que las clases del componente de comunicación hacen uso de ella, aún si la aplicación no hace uso de la lista de usuarios activos de forma visual.

**Message.Common.Chat** Debido a que la comunicación textual es una herramienta útil en las aplicaciones colaborativas porque permite una vía de comunicación asíncrona entre los participantes, se decidió incluir toda una implementación completa de las clases necesarias precisamente para este fin dentro del CA-Mobile API. De esta manera basta con crear instancias de estas clases para tener un completo set de componentes que integran una solución de tipo Chat tanto en dispositivos móviles como en PC, incluyendo los componentes que despliegan los mensajes textuales de los usuarios. La visualización de mensajes opcionalmente puede ser clasificada por color y con la integración de emoticones básicos, una característica que a través de las primeras pruebas con usuarios dio evidencia de añadir un valor agregado al a conversación escrita. Las clases que componen a este paquete son las siguientes:

La clase **ChatRoster** es una completa implementación de la interfaz **IRoster**, la cual puede ser utilizada en conjunto con las clases de este paquete, o de forma individual si es que no se requiere una implementación especial de dicha interfaz.

En el caso de las clases **ChatMsgProcessor** y **ChatColorMsgProcessor** son implementaciones de la interfaz **IMsgProcessor** que se encargan de procesar los mensajes entrantes con contenidos textuales de conversación tipo Chat. Estas clases hacen uso de la clase **CanvasChatEmoticon**, contenida en el paquete UI.Text (descrita más abajo) para visualizar los mensajes clasificados por color (en el caso de la clase **ChatColorMsgProcessor**)

y opcionalmente desplegar e interpretar códigos para un set reducido de emoticones.

Por su parte, la clase **Emoticon**, encapsula la funcionalidad para interpretar los códigos de los emoticones y es utilizada por las clases **ChatMsgProcessor** y **ChatColorMsgProcessor**.

**UI.Camera** Las clases contenidas en el paquete UI fueron desarrolladas con la finalidad de ofrecer una forma de manejar contenidos referentes a la interfaz de usuario, manejo de la cámara de fotografías y el despliegue de información textual de una forma unificada sin importar el tipo de dispositivo móvil que se esté usando, así mismo solo están disponibles en la versión del CA-Mobile API para dispositivos móviles y no para PC. El paquete **UI.Camera** contiene una interfaz llamada **ISnapperMidlet** y una clase llamada **CameraCanvas**, las cuales son utilizadas para previsualizar contenido a través de la cámara de video del dispositivo celular (si este cuenta con ella) y realizar una captura (una fotografía) de ese contenido, almacenándola temporalmente y dando una previsualización. Opcionalmente los datos pueden ser almacenados de forma persistente o enviados a otro dispositivo o computadora. El funcionamiento de estas clases permite utilizar el CA-Mobile API para desarrollar software que haga uso de elementos visuales a través de la cámara de video, lo que agrega una interesante característica que ayuda en ciertas actividades educativas, como la de “Reconociendo figuras geométricas” presentada por Cruz-Flores y López-Morteo (2008). Estas clases hacen uso de las librerías Mobile Media API de Java, por lo que si se requiere usar esta característica se debe verificar que los dispositivos tienen compatibilidad con estas librerías.

**UI.Image** Este paquete contiene dos clases que despliegan contenidos gráficos en pantalla utilizando un área de dibujo conocido como “Canvas”. Las clases que contiene este paquete y los paquetes UI.Menu y UI.Text no responden directamente a eventos del usuario, en su lugar hacen uso de un “Listener” de eventos (a través de la interfaz ICanvasListener descrita más adelante), un mecanismo estándar en el lenguaje “Java”, por lo que se decidió seguir este enfoque para aprovechar la experiencia que tuvieron los programadores con este tipo de implementaciones. Las clases que contiene este paquete

se describen a continuación:

La clase **CanvasLogoGame** proporciona una forma sencilla de desplegar una imagen estática y que informa al listener asociado cuando el usuario presiona alguna tecla. Es útil para presentar imágenes al inicio del programa o en alguna parte en respuesta a una acción del usuario, una practica común en el campo de los videojuegos para dispositivos móviles, de ahí el nombre de la clase.

Otra clase dentro de este paquete es la clase **CanvasSplash**, la cual tiene la característica de desplegar una serie de imágenes en pantalla haciendo transiciones entre ellas cada determinado tiempo. Al presentar la ultima imagen responde a los eventos del usuario notificando al listener asociado si se presionó una tecla. Esta clase necesita un arreglo de imágenes, el tiempo entre cada una de las imágenes y el tipo de transición. Esta clase es útil cuando se requieren presentar diversos contenidos en pantalla uno a la vez. Las imágenes puedes ser mostradas opcionalmente en su tamaño original o a pantalla completa, según se requiera.

**UI.Menu** Este paquete incluye una sola clase que permite la creación de menús gráficos para las aplicaciones, manteniendo la misma apariencia sin importar el dispositivo móvil en donde se ejecute el programa. La clase **CanvasMenu** hace uso también el concepto de Listener para responder a las acciones del usuario. Esta clase utiliza un arreglo de cadenas que serán las opciones a mostrar, asignándoles un índice único para cada opción. Adicionalmente se especifican parámetros como el color de fondo y de primer plano, así como la posibilidad de mostrar una imagen como fondo del menú. La idea de crear una clase que dibuje menús se dio a partir de la falta de un método unificado para presentar opciones al usuario, ya que aunque el propio lenguaje Java provee mecanismos para esto, cada fabricante de dispositivos móviles presenta las opciones de una forma diferente, así que contar con la clase CanvasMenu permite dibujar y presentar el menú con una apariencia uniforme independiente al dispositivo.

**UI.Text** Las clases contenidas dentro de este paquete permiten procesar diferentes contenidos textuales para visualizarlos en diferentes modos. Las clases se describen a continuación:

La clase **CanvasChatEmoticon** trabaja junto con la interfaz **ICanvasChat** para ofrecer un componente capaz de mostrar mensajes escritos por los usuarios en forma de una conversación tipo Chat de forma gráfica, añadiendo opcionalmente contenidos gráficos representando emoticones y colores para identificar los mensajes por remitente. Este componente provee un mecanismo de fácil implementación para desplegar texto dinámico en tiempo de ejecución, ideal para mantener una conversación escrita. Esta clase también hace uso de un listener para responder a los eventos del usuario notificando cuando se presiona alguna tecla. Esta clase puede ser utilizada en conjunto con las clases del paquete `Message.Common.Chat` para ofrecer un componente visual de la charla.

Otra clase contenida en este paquete es la clase **CanvasTextArea**, el cual es una implementación más sencilla de la interfaz **ICanvasChat** que presenta contenidos textuales dinámicos sin color ni emoticones, pero acepta la agregación de texto en tiempo de ejecución, puede ser útil para llevar historiales o registros de sucesos. En caso de que ninguna de estas clases preconstruidas cumpla con las necesidades de un proyecto en especial, se puede crear una clase que implemente la interfaz **ICanvasChat**, manteniendo con esto compatibilidad con el resto de los componentes del CA-Mobile API.

Este paquete cuenta también con la clase **CanvasShowText** que está destinada a presentar contenidos textuales no dinámicos pero extensos, dándoles un formato adecuado de acuerdo a las dimensiones de las diferentes pantallas de los dispositivos, y opcionalmente pueden mostrar una imagen al inicio del texto. Este componente resulta útil para dar información o explicaciones en pantalla para los usuarios. Implementa también el modelo de Listener. El texto mostrado puede ser leído directamente de un archivo o colocado de forma específica dentro del código del programa.

**UI.Common** Finalmente, en este paquete se encuentran las clases que son utilizadas por los demás paquetes de interfaz de usuario (UI), así como clases que pueden agregar funcionalidad a las anteriores. La descripción de cada clase de este paquete se encuentra a continuación:

La interfaz **ICanvasEventListener** es una de las más importantes, ya que es utilizada por

todas las clases del paquete que requieren un Listener de eventos. Su implementación permite capturar y responder a los eventos del usuario de forma unificada, hace uso de la clase **CanvasEvent** que encapsula el evento generado por alguna clase, donde a partir de la información contenida, es posible saber que clase generó el evento y de que tipo. La clasificación de los eventos se encuentra dentro de la clase **CanvasEvent**. Estas características permiten que una sola implementación de **ICanvasEventListener** pueda gestionar los eventos de casi todas las pantallas de una aplicación móvil, así que el CA-Mobile API utiliza este mecanismo para unificar los eventos generados y procesarlos de manera centralizada por una sola clase, una práctica común en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles.

Las clases **CanvasTools** y **CanvasWriter** son clases que no trabajan por si solas, más bien tienen efecto sobre un canvas existente (como un **CanvasTextArea** o un **CanvasMenu**). La clase **CanvasTools** permite procesar imágenes para crear transparencias o redimensionar la propia imagen en tiempo de ejecución. Algunas clases como **CanvasSplash** hacen uso de esta clase. Por su parte la clase **CanvasWriter** permite colocar textos en un canvas en formato de rótulos, es decir, texto con una apariencia sombreada y resaltada, y opcionalmente justificada horizontal y verticalmente. Esta clase implementa los mecanismos para mostrar un texto que se auto-ajusta a las dimensiones de la pantalla automáticamente. Esta clase es utilizada diferentes clases como **CanvasTextArea**. La idea de permitir al programador usar estas clases es porque aunque son utilizadas por las clases del CA-Mobile API, pueden resultar útiles si se usan de forma individual al manipular objetos de tipo canvas en una aplicación móvil.

Otras clases que se encuentran en este paquete a manera de utilerías, son las clases **Color** y **Queue**, clases que si bien existen en la versión de Java para escritorio, no existen (por lo menos hasta el momento del desarrollo de este trabajo) sus equivalentes en la versión móvil, por lo que fue necesaria su creación manteniendo una consistencia con sus clases homologas en la versión de escritorio, a fin de aprovechar la experiencia previa de los programadores en el uso de estas clases en Java para escritorio.

**Activity.Monitor** Debido a que el CA-Mobile API provee mecanismos para establecer co-

municación entre dispositivos, es necesario contar con una forma de inspeccionar el estado de una negociación de comunicación con la finalidad de notificarle al usuario cual es el estado de dicha tarea, ya que el inicio de comunicación puede variar entre dispositivos y se ve afectada por otros factores como la cantidad de dispositivos en el rango de búsqueda. Es importante mantener informado al usuario de que es lo que esta ocurriendo mientras se establece la comunicación. Por esto, la clase `ActivityMonitor` presenta un mecanismo para mantener informado al usuario de forma visual de cual es el estado de una comunicación Bluetooth. En el caso de la versión móvil incluye adicionalmente elementos gráficos como iconos de espera animados y la posibilidad de mostrar textos dependiendo del estado en el que se encuentre la negociación. Utiliza también un `ICanvasListener` para responder a eventos del usuario. En el caso de la versión para PC, esta clase regresa los valores de los estados de la negociación sin mostrar elementos visuales.

**File.Exchange** Finalmente un componente necesario dentro del CA-Mobile API es la clase **SendFile** contenida en este paquete. Esta clase provee un mecanismo para enviar un archivo en formato de arreglo de bytes a otro dispositivo con capacidades de transferencia de archivos usando el protocolo Object Push (OBEX) de Bluetooth. La mayoría de los dispositivos Bluetooth cuentan con esta característica, exceptuando al hardware que no tenga almacenamiento como teclados o manos libres. Para realizar el envío de un archivo, es necesario conocer la cadena de conexión del dispositivo al que va dirigida la transmisión, esto se logra utilizando las clases del paquete **Bluetooth.Comm** del propio CA-Mobile API. Esta funcionalidad esta disponible tanto en la versión del API para móvil y PC.

La mayoría de estos elementos se pueden usar por separado ya que mantienen un alta cohesión y bajo acoplamiento, cualidades importantes en un diseño basado en componentes. Sin embargo, existen componentes que es preferible usar juntos, como los relacionados con Bluetooth que ofrecen una funcionalidad completa para comunicación asíncrona entre dos o más dispositivos Bluetooth basada en mensajes.

### 4.3. Modelo de procesos

Toda vez que los diferentes componentes del CA-Mobile Framework fueron creados (Referencia Documental y CA-Mobile API) se necesitaba una manera de conjuntar todos estos elementos para el desarrollo de actividades educativas basadas en móviles. Sin embargo crear una actividad que será mediada por tecnología (móvil o de escritorio) agrega características a tomar en cuenta como el tiempo de puesta en marcha del equipo, las configuraciones previas a la realización de la actividad y el entrenamiento en el uso de la tecnología. Estas son solo algunas de las características que determinarán el éxito o el fracaso de la ejecución de la misma en un escenario real, ya que si no se consideran parte del diseño estos mismos factores disminuirán el impacto del uso de la tecnología en la realización de la actividad. Por esto, es importante tener un control del proceso de desarrollo para que las consideraciones técnicas sean tomadas en cuenta desde el inicio y estén realmente enfocadas a apoyar al objetivo educativo sin rebasar a éste, manteniendo un equilibrio entre funcionalidad y apoyo a las acciones asociadas a la actividad.

Sin embargo, actualmente no existe una metodología estándar para este proceso de desarrollo y aunque existen diversas metodologías en el ámbito de la ingeniería del software, no se adaptan en su totalidad para el caso de actividades educativas apoyadas por tecnología y mucho menos si se considera el uso de móviles, ya que además del software asociado, la actividad incluye otros aspectos además de los pedagógicos y didácticos que también se deben considerar como el entrenamiento previo en el uso de la tecnología, la configuración del ambiente de ejecución de la actividad, así como el tiempo y recursos asociados a estas tareas.

Por esta razón, desarrolló un modelo de procesos que guía la utilización del Framework en las diferentes etapas del desarrollo completo de una actividad educativa colaborativa basada en dispositivos móviles.

Este modelo está dividido por etapas así como los productos esperados en cada una de ellas, además de la definición de roles de los involucrados en el proceso de desarrollo como diseñadores instruccionales, expertos en contenidos y programadores. Este modelo propone seis diferentes etapas del proceso; Diseño instruccional, Especificación de requerimientos,

Selección de los componentes del Framework, Desarrollo del software móvil, Adecuación del guión y Evaluación. El modelo que se puede apreciar en la figura 4.6.

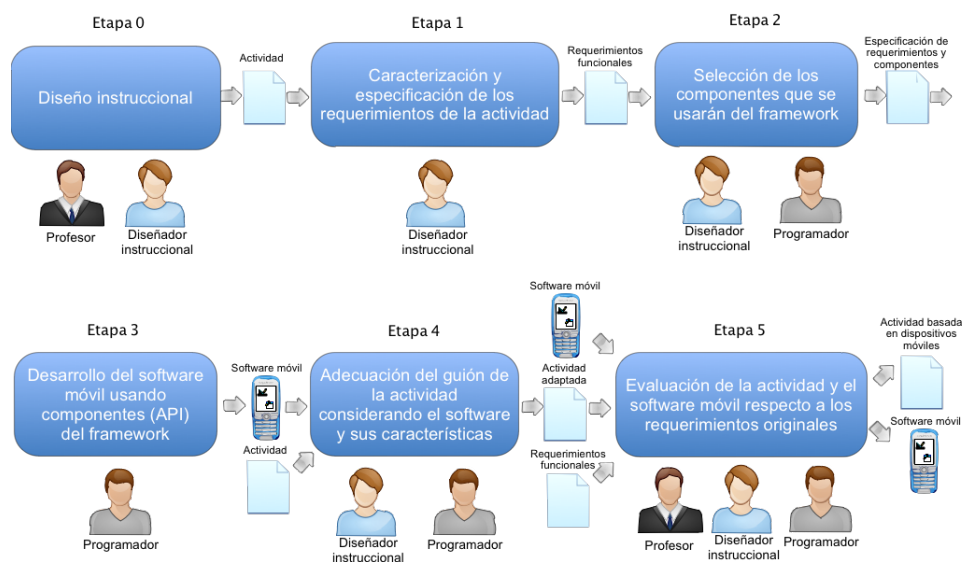


Figura 4.6: Modelo de procesos para aplicar el CA-Mobile Framework

Así mismo, el modelo describe los roles involucrados en el proceso de desarrollo y los artefactos (documentos y herramientas) empleadas tanto como entradas de los procesos como resultados en cada etapa. Los roles que intervienen en el proceso de desarrollo y su descripción se muestra a continuación en la tabla 4.2:

Estos roles participan durante todo el proceso de desarrollo, en diferentes etapas del modelo que requieren su intervención. Las seis etapas del modelo de procesos se describen a continuación.

**Etapa 0: Diseño Instruccional.** Esta etapa se describe de manera general, la actividad en términos didácticos que incluye objetivos, habilidades fomentado, los requisitos de organización (previa a la ejecución de la actividad, incluidos los requisitos técnicos), tiempo estimado y guión preliminar de la actividad. El resultado de esta etapa es un formato (parte

Tabla 4.2: Descripción de los roles involucrados en el modelo de procesos del CA-Mobile Framework

Rol con experiencia en el uso de móviles	Descripción de tareas
Profesor	Es el encargado de seleccionar y sugerir los contenidos que se incluirán como parte de la actividad, apoya a delimitar el objetivo de la actividad e interviene en la evaluación del producto final en términos de los requerimientos originales.
Diseñador instruccional	Esta a cargo de la especificación de la actividad en términos de estructura, modelo de aprendizaje asociado, apoya a delimitar el objetivo de la actividad, especifica los requerimientos de la actividad en términos del framework y adecua el guión didáctico para la utilización del software desarrollado.
Programador	Especifica junto con el diseñador instruccional los requerimientos en términos funcionales, selecciona los componentes a utilizar del API para satisfacer los requerimientos y construye el producto en software para dispositivos móviles y si fuera el caso, para PC de escritorio. Participa en la adecuación del guión didáctico, así como en la evaluación del producto final.

de la CA-Mobile Framework), donde se especifica los datos típicos de una actividad, incluidos los datos (nombre, tiempo, público) y un guión preliminar didáctica especificando el uso de dispositivos móviles dentro de la actividad.

#### **Etapa 1: Caracterización y especificación de los requerimientos de la actividad.**

Al comienzo de esta etapa, existe una especificación preliminar de los requisitos de la actividad basada en el guión de la descripción general de la actividad, asociando los conceptos del ámbito instruccional a las funcionalidades que se llevará a cabo tanto por los participantes de la actividad como por la tecnología móvil. Al final de esta etapa, se crea un documento en el que se especifican todos los requisitos de organización de tareas en términos de coordinación, así como características que serán mediadas o realizadas por los dispositivos móviles y el PC de escritorio. Todas las tareas definidas en la etapa de diseño de instrucción se describen mediante un formato de casos de uso especial, que forma parte de la CA-Mobile Framework. Aunque algunas tareas no contará con el apoyo de los dispositivos móviles tales como la coordinación humana o negociaciones verbales, todos deben ser descritos con estos formatos.

**Etapa 2: Selección de los componentes que se usarán del Framework.** Una vez que se definieron todas las tareas de la actividad, se extraen los requisitos funcionales de los formatos de caso de uso, considerando sólo aquellos donde interviene el uso de dispositivos móviles o PC de escritorio. Con esto, se realiza una selección de los componentes del CA-

Mobile API que se utilizarán para construir el software móvil que cubrirá estas necesidades funcionales de la actividad, teniendo en cuenta que la funcionalidad de los componentes seleccionados en el CA-Mobile API debe corresponder a uno o varios requisitos. Para ello se utiliza el documento de especificación de componentes y su respectiva guía de llenado los cuales son parte de la CA-Mobile Framework. Este documento presenta la relación entre un requerimiento funcional y el componente seleccionado del CA-Mobile API que se debe ocupar para cubrirlo.

**Etapa 3: Desarrollo del software móvil usando componentes (API) del Framework.** El software móvil para apoyar la actividad se desarrolla en esta etapa, tratando de cubrir todos los requisitos funcionales con los componentes pre-seleccionados de la API que previamente fueron seleccionados en el documento de especificaciones componentes. Esto no significa que no se pueda usar otras herramientas externas, por lo que el software puede ser complementado con alguna otra API específica, por ejemplo, para proveer una interfaz gráfica de usuario rica, o ampliar el CA-Mobile API para la integración de una PC de escritorio utilizando la comunicación Bluetooth (Ej. Avetana: una biblioteca de Bluetooth para PC). El resultado de esta etapa es un prototipo funcional del software. En algunos casos, el resultado es una versión de software para dispositivos móviles y una versión diferente para PC de escritorio.

**Etapa 4: Adecuación del guión de la actividad considerando el software y sus características.** En esta etapa se lleva a cabo una adaptación del guión didáctico, teniendo en cuenta los guiones extraídos de los formatos de casos de uso llenados en la caracterización y especificación de requisitos de actividad. Esta adaptación debe incluir el uso de software móvil como parte de las tareas que lo requieren y define los requisitos externos asociados con el uso de dispositivos móviles o PC de escritorio, por ejemplo la capacitación de los estudiantes y profesores en el uso de los dispositivos móviles o preconfiguración de software y dispositivos. Una vez finalizada ésta etapa, los guiones didácticos son modificados y adaptados a fin de que todas las tareas de cada actividad incluyan detalles sobre el uso del software y los tiempos aproximados para cada tarea en la actividad.

**Etapas 5: Evaluación de la actividad y el software móvil respecto a los requerimientos originales.** Al final de esta etapa y del proceso completo, los guiones didácticos y los programas de software son evaluados en términos del cumplimiento de los requisitos funcionales especificados previamente. Los cambios necesarios se realizan tanto en el guión didáctico como en el software, manteniendo la coherencia de la relación entre las diferentes partes de la actividad (preparación, inicio, desarrollo y conclusión). La evaluación tanto el guión didáctico y el software puede incluir un pilotaje de la actividad completa, incluyendo la realización de todas las acciones necesarias de control de recursos y la coordinación de los participantes.

De esta manera, el modelo de procesos para el CA-Mobile Framework propone una forma estructurada para desarrollar actividades educativas colaborativas basadas en dispositivos móviles, esta forma de trabajo propone mantener un control por etapas, la generación de productos de cada una de ellas, la especificación de los roles y sus correspondientes responsabilidades. Además, el modelo proporciona una referencia sobre las etapas que integran el proceso completo de desarrollo de actividades basadas en los dispositivos móviles, desde un enfoque integral de los aspectos educativos y tecnológicos. Los productos que generan pueden servir para diseñar una nueva actividad o ampliar la actividad original.

En este capítulo se presentaron los detalles de cada componente del CA-Mobile Framework, su utilidad y sus relaciones con otros componentes con la finalidad de dar una panorámica de cómo y para qué se construyeron, así mismo se presentó el modelo de procesos asociado al Framework para implementarlo durante el proceso de desarrollo del software. En el siguiente capítulo se describen los experimentos realizados a fin de validar y dar evidencia de la utilidad del CA-Mobile Framework.

# Capítulo 5

## Experimentación y Evaluación

Con la finalidad de encontrar evidencia de la utilidad, flexibilidad y usabilidad del CA-Mobile Framework como herramienta de apoyo en el diseño y desarrollo de actividades educativas colaborativas a través de dispositivos móviles, se realizaron tres experimentos con diferente perspectiva para evaluar aspectos, tanto educativos como tecnológicos. En los tres experimentos participaron personal de las áreas involucradas en el proceso de desarrollo (Profesores, Diseñadores Instruccionales y Programadores). Los detalles de cada experimento, el método de evaluación utilizado y la interpretación de sus resultados se detallan a continuación.

### **5.1. Evaluación desde la perspectiva instruccional y docente: Referencia Documental**

Para evaluar los aspectos educativos del CA-Mobile Framework, se decidió llevar a cabo una evaluación cualitativa de la referencia documental y sus diferentes elementos, enfocándose en la perspectiva de los diseñadores instruccionales, con la finalidad de conocer su apreciación respecto a la utilidad y claridad de los formatos, guías de llenado y videos de referencia en el proceso de diseño de una actividad educativa. Esta evaluación fue llevada a cabo a través de un experimento con profesionales de la educación, con la finalidad de evaluar la claridad y

utilidad de los diferentes artefactos de la referencia documental (formatos, las guías y videos de referencia) con un ejercicio; al final del mismo los participantes contestaron un cuestionario acerca del uso de estos artefactos. El objetivo de esta evaluación fue capturar la percepción de los profesores respecto a la utilidad de la referencia documental del CA-Mobile Framework durante el diseño de una actividad educativa colaborativa basada en dispositivos móviles desde la perspectiva educativa, así mismo se realizó un análisis de coincidencias entre los datos de los formatos llenados por los profesores y un formato previamente diseñado que describía una actividad educativa que se les mostró como parte del ejercicio de experimentación.

### 5.1.1. Descripción

La evaluación se realizó con un grupo de ocho profesores agrupados en tres equipos, dos de tres personas y uno de dos, todos ellos estudiantes de posgrado de un programa en ciencias de la educación, de los cuales el 75 % tiene educación superior en ciencias de la educación y el 25 % restante en el área de matemáticas e ingeniería.

La utilidad fue evaluada con un método de comparación semántica de la información de campos en los formatos de descripción de la actividad respecto a un formato previamente llenado. Este método se diseñó específicamente para este trabajo se le denominó “análisis de coincidencia”. Posteriormente se aplicó un cuestionario acerca de la claridad en los formatos, guías y videos de la referencia documental a todos los participantes.

La evaluación del ejercicio fue dividida en dos partes. En la primera parte, los profesores fueron expuestos a un escenario experimental presentado en video, el cual describía una actividad educativa basada en dispositivos móviles y sus procesos asociados. En el video se mostraron las actividades relacionadas con la configuración previa, instrucciones por parte del profesor, distribución de la aplicación en software a los dispositivos móviles y computadoras de escritorio, así como la propia ejecución de la actividad. En la segunda parte del ejercicio, los participantes tuvieron que crear un diseño instruccional preliminar de la actividad y describir los procesos asociados observados en el escenario presentado en video, así como definir la organización de material, la configuración de dispositivos y las tareas de coordinación, todo

esto usando los formatos y guías de llenado del componente Referencia Documental del CA-Mobile Framework.

### 5.1.2. Método

El video incluyó las tareas realizadas antes de la ejecución de la actividad, con la finalidad de identificar aquellos procesos relacionados con la configuración y distribución del software en los dispositivos móviles y PC, así mismo el video incluye las tareas de formación de equipos de estudiantes y como se registran sus dispositivos móviles para posteriormente utilizarlos en la actividad. Todos estos procesos fueron realizados en una plataforma diseñada para el profesor, la cuál fue desarrollada por Ruelas y López (2009).

Subsecuentemente se presenta en el video un ejemplo de como los estudiantes realizan la actividad en cuestión tanto dentro como fuera del aula de clases. Posteriormente los profesores respondieron un cuestionario acerca de la utilidad de los artefactos de la Referencia Documental que acababan de usar (véase figura 5.1).



Figura 5.1: Profesores durante la evaluación de la Referencia Documental: Trabajando en equipos para describir la actividad educativa

La actividad educativa presentada en el video fue “Reconociendo figuras geométricas”, la cual fue elaborada y adaptada para dispositivos móviles por Cruz-Flores y López-Morteo (2009). El objetivo principal de esta actividad es desarrollar un mejor entendimiento de las figuras como un todo, identificando las partes de una figura o figuras completas dentro del ambiente físico, para entender como las formas se diferencian de otras, así mismo se fomenta el uso de un vocabulario apropiado para las figuras mediante una discusión en clase, similar a las actividades presentadas por CETConnect (2009), Instructor WEB (2009) y Learn, N. (2004), quienes proponen el mismo objetivo educativo en actividades similares, pero que no consideran el uso de dispositivos móviles.

Esta actividad fue diseñada usando el CA-Mobile Framework haciendo uso del modelo de procesos propuesto, donde los diseñadores instruccionales especificaron el propósito educativo de la actividad y como el uso de los dispositivos móviles puede apoyar a esta actividad. Posteriormente, los programadores desarrollaron el software en dos partes: una que será ejecutada en los dispositivos móviles y otra que será ejecutada en PC. En este caso, ambas versiones del software realizan tareas complementarias de la misma actividad. Al final, el software y el guión didáctico fueron evaluados y validados en términos funcionales por los profesores, diseñadores instruccionales y los programadores involucrados en el desarrollo de la actividad. Esta actividad fue usada como un ejemplo para introducir a los participantes de esta evaluación en el diseño de actividades educativas basadas en dispositivos móviles.

A continuación se describe la actividad “Reconociendo figuras geométricas”: Cuatro miembros del equipo (pares móviles) explorarán el ambiente físico cercano a la escuela en busca de cualquier construcción o parte de la misma que represente al menos una figura geométrica básica; círculo, triángulo, cuadrado y rectángulo. Con el dispositivo móvil, podrán tomar fotos de los elementos del medio ambiente que encontraron y enviarlas a los otros miembros del equipo (pares locales) quienes están trabajando en una PC. Estos pares locales recibirán las fotos y las clasificarán de acuerdo a la figura geométrica que representen. Una vez clasificadas, los pares locales construirán un folleto con las fotos y el nombre de las figuras que representan. Los miembros del equipo también pueden comunicarse con los otros a través de

un chat integrado entre los dispositivos móviles y la PC. Esto resulta importante para comunicarse en caso de que se requiera tomar otra foto, o comunicarle a los pares móviles alguna figura geométrica faltante. Al final de la actividad, todos los folletos creados por cada equipo son presentados y discutidos en clase. Una captura del software ejecutándose en dispositivos móvil y PC se puede apreciar en la figura 5.2 donde se muestra el primer prototipo funcional ejecutándose en una plataforma Linux, y posteriormente en la figura 5.3 se aprecia la versión final y la cual fue mostrada a los profesores y presenta una ejecución en la plataforma MacOS.

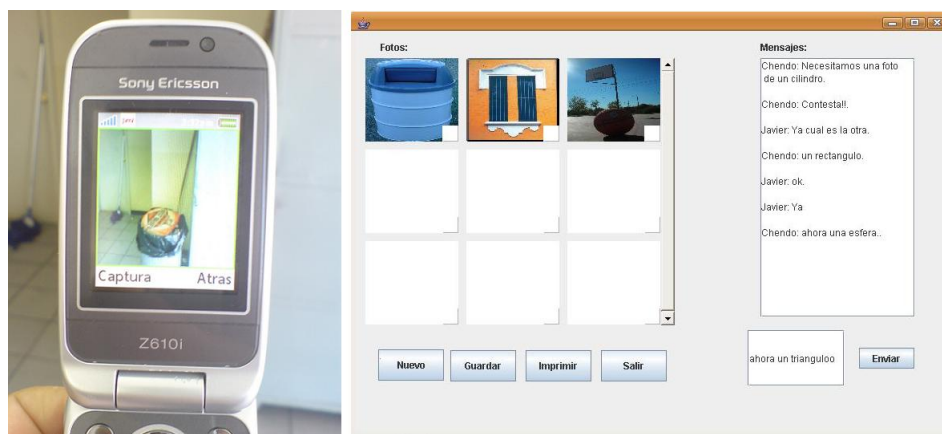


Figura 5.2: Primer prototipo del software de apoyo para la actividad “Reconociendo figuras geométricas”

Estas figuras muestran, además que es posible ejecutar el mismo software de una actividad en diferentes plataformas.

### 5.1.3. Instrumentos

La información descriptiva de esta actividad que los profesores del ejercicio deben llenar es la que viene contenida en el documento “Descripción de la Actividad” de la Referencia Documental, el cual consta de; Nombre de la actividad, Fecha, Autor, Versión, Descripción, Objetivo educativo/didáctico, Habilidades fomentadas, Audiencia, Requerimientos, Tiempo

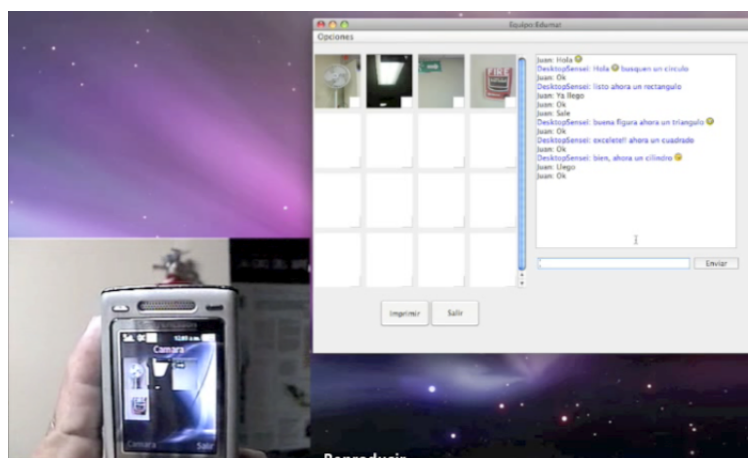


Figura 5.3: Versión final del software de apoyo para la actividad “Reconociendo figuras geométricas”

estimado, Desarrollo, Roles, Productos entregables como evidencia y materiales requeridos por equipo. Adicionalmente los profesores utilizaron, además del formato Descripción de la actividad, el formato Casos de uso, y las guías de llenado para estos formato, así como los videos donde se mostraba la ejecución de la actividad.

Al final del ejercicio, los tres equipos de diseñadores instruccionales entregaron su propia descripción de la actividad. La descripción de cada equipo fue comparada contra una descripción maestra prediseñada con la finalidad de determinar el grado de coincidencia entre las descripciones de cada equipo y la versión original, encontrado similitudes y diferencia en todos los campos de los formatos utilizados. Estas coincidencias permiten ver si los campos, la estructura de los formatos y las guías de llenado son suficientemente claras para describir cada parte de la actividad.

#### 5.1.4. Desarrollo

Los resultados de los tres equipos fueron evaluados con respecto a la interpretación del texto en cada campo, y no en términos de las palabras y los conceptos utilizados. La clasificación de rango de valores para este análisis de la coincidencia es la siguiente:

- Alta .- Nivel de coincidencia con el original del 65 % al 100 %.
- Media .- Nivel de coincidencia con el original del 30 % al 65 %.

- Baja .- Nivel de coincidencia con el original del 0 % al 30 %.

Estos valores fueron utilizados para encontrar las diferencias entre la información que lleno cada uno de los equipos en los formatos y comparándolos uno a uno con la información del diseño previamente elaborado. Un ejemplo de como se utilizó estos rangos de valores se puede ver en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Ejemplo del análisis de coincidencia aplicado al campo “Requerimientos”

Campo	Requerimientos
Información en el diseño original	Los estudiantes se agrupan en equipos de 6 personas. Se asigna un dispositivo móvil y una PC Desktop por equipo.
Información del equipo #2	Un aula. 10 mesas y 30 sillas. 1 laptop y dos celulares habilitados con bluetooth por cada triada.
Nivel de coincidencia	Media (Nivel de coincidencia con el original del 30% al 65%)

Es importante destacar que los niveles de coincidencia se analizaron documento por documento, a fin de interpretar las ideas escritas en los artefactos por cada equipo. Utilizando estos parámetros, el resultado del análisis de todas las descripciones de cada equipo se presentan en la tabla 5.2.

Tabla 5.2: Análisis de coincidencia. Alto (0 % -30 %), medio (30 % -65 %) y bajo (65 % -100 %)

Campo del formato: Descripción de la actividad	Equipo 1 (dos personas)	Equipo 2 (tres personas)	Equipo 3 (tres personas)
Descripción	Medio (50%)	Alto (75%)	Alto (80%)
Objetivo educativo/didactico	Alto (75%)	Alto (75%)	Medio (50%)
Habilidades fomentadas	Alto (75%)	Medio (50%)	Alto (75%)
Audiencia	Alto (90%)	Alto (75%)	Alto (75%)
Requerimientos	Alto (70%)	Alto (70%)	Alto (75%)
Tiempo estimado	Bajo (25%)	Medio (50%)	Alto (75%)
Desarrollo	Bajo (30%)	Alto (75%)	Alto (75%)
Roles	Medio (65%)	Alto (75%)	Alto (75%)
Producto entregable	Alto (90%)	Alto (75%)	Alto (75%)
Material por equipo	Alto (70%)	Alto (75%)	Alto (75%)

Estos resultados muestran que, a pesar de las variaciones, los tres equipos hicieron una descripción de la actividad similar a la original, en términos de que los campos describen información semejante a la descrita en el formato previamente llenado cuando la actividad de “Reconociendo figuras geométricas” fue diseñada. Esto permite ver que la información solicitada en cada campo de los formatos usados es suficientemente clara para solicitar información específica de una característica de la actividad y que no existen variaciones mayores en la descripción, aún cuando sean diferentes personas quienes describen la actividad. Existe un caso donde hay un menor grado de coincidencia, por parte del equipo uno (con dos profesores) en los campos: tiempo estimado y el desarrollo. Con base en las observaciones del experimento, creemos que estas diferencias podrían ser causados por el punto de vista de uno de los miembros del equipo, quien fue un profesor con muchos años de experiencia de instrucción y que consideró que el tiempo estimado debería ser mayor que el propuesto en el diseño original y consideró también que el desarrollo de la actividad debe incluir aspectos relacionados con la entrega de los equipos asignados y cómo el docente obtiene la evidencia final de el cumplimiento de la actividad, que en el caso de esta actividad es un folleto digital.

Al final de la primera parte del experimento (descripción de la actividad), se aplicó a los participantes un cuestionario con escala likert, el cual contenía diez preguntas cerradas y dos preguntas abiertas a fin de obtener una opinión general en relación con los artefactos. Con la aplicación de este cuestionario se esperaba observar la evaluación de los participantes con respecto a su experiencia y apreciación en el uso de los artefactos de la Referencia Documental. Los resultados a las primeras diez preguntas se presentan en la tabla 5.3.

Las respuestas para el primer ítem indica que los participantes utilizaron todos los artefactos (Definitivamente sí = 87.5 %, Probablemente sí = 12.5 %, Indeciso = 0.0 %, Probablemente no = 0.0 % y Definitivamente no = 0.0 %). Estos resultados han demostrado que la mayoría de los participantes usaron todos los artefactos al menos una vez durante el proceso de la actividad de descripción (mediana = 1).

Tabla 5.3: Resultados de cada pregunta en el cuestionario aplicando la mediana

Pregunta	Definitivamente SI (1)	Probablemente SI (2)	Indeciso (3)	Probablemente NO (4)	Definitivamente NO (5)	Valor de la Mediana
1. ¿Pudo usar todos los artefactos (documentos, guías y vídeos) de la Referencia Documental?	7 Personas	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas	1
2. ¿Es el propósito de cada documento claro?	7 Personas	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas	1
3. ¿Son de utilidad los artefactos de la Referencia Documental (documentos, guías y vídeos)?	8 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas	1
4. ¿Los nombres de los documentos son coherentes con su contenido y uso?	5 Personas	3 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas	1
5. ¿Los nombres de campo corresponden a su contenido?	7 Personas	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas	1
6. ¿Considera que el vocabulario utilizado en los artefactos es adecuado?	8 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas	1
7. ¿Considera que las guías de llenado que acompañan a cada documento son útiles?	3 Personas	4 Personas	1 Persona	0 Personas	0 Personas	2
8. ¿La estructura de la información en cada documento es adecuada?	1 Persona	7 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas	2
9. ¿Los documentos ayudan a especificar el uso de móviles tecnología como parte de la actividad?	7 Personas	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas	1
10. ¿Considera que la Referencia Documental es útil para la definición y descripción de las actividades basadas en tecnología móvil?	7 Personas	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas	1

El segundo ítem está relacionado con la claridad del objetivo de cada artefacto (Definitivamente sí = 87.5 %, Probablemente sí = 12.5 %, Indeciso = 0.0 %, Probablemente no = 0.0 % y por Definitivamente no = 0.0 %). Esto significa que los participantes entendieron el objetivo de los artefactos utilizados durante el proceso de diseño (mediana = 1).

De acuerdo con el tercer ítem (mediana = 1), la evaluación sobre la utilidad de los artefactos muestra que todos los participantes consideraron a estos recursos útiles (Definitivamente sí = 100.0 %, Probablemente sí = 0.0 %, Indeciso = 0.0 %, Probablemente no = 0.0 % y Definitivamente no = 0.0 %).

El cuarto ítem está relacionado con los nombres de cada artefacto, y si el nombre hace referencia a su uso (Definitivamente sí = 62.5 %, Probablemente sí = 37.5 %, Indeciso = 0.0 %, Probablemente no = 0.0 % y Definitivamente no = 0.0 %). Esto indica que los nombres asignados a los artefactos son adecuados, aunque podrían ser más claras. En este caso, algunos participantes sugirieron cambios de nombre que sería más representativo del contenido de cada documento (mediana = 1).

En cuanto al quinto ítem, éste se refiere a la congruencia entre los campos de cada formulario y su contenido (Definitivamente sí = 87.5 %, Probablemente sí = 12.5 %, Indeciso = 0.0 %, Probablemente no = 0.0 % y Definitivamente no = 0.0 %) los resultados muestran que la mayoría de los participantes consideran los nombres y el contenido descrito congruentes (mediana = 1).

El sexto ítem se refiere al vocabulario utilizado para definir los campos y su descripción en las guías de llenado, a fin de conocer la apreciación de los participantes respecto a las palabras utilizadas y su significado en los ámbitos pedagógicos (Definitivamente sí = 100.0 %, Probablemente sí = 0.0 % , Indeciso = 0.0 %, Probablemente no = 0.0 % y Definitivamente no = 0.0 %). Esto implica que el vocabulario utilizado es representativo para los participantes (mediana = 1).

El séptimo ítem se refiere a la utilidad de las guías de llenado que acompañan a los formularios (Definitivamente sí = 37.5 %, Probablemente sí = 50.0 %, Indeciso = 12.5 %, Probablemente no = 0.0 % y Definitivamente no = 0.0 %). Estos resultados muestran que las guías se consideraron útiles como apoyo para llenar los formularios. Este elemento muestra un valor diferente en su mediana (mediana = 2), ya que aunque los participantes consideraron que en cierto grado las guías fueron útiles, hubo quienes pensaron que estas guías no eran esenciales. A este respecto, se puede decir que el CA-Mobile Framework fue diseñado para auxiliar el diseño y desarrollo de actividades educativas basadas en dispositivos móviles, sin embargo no está orientado a un perfil en especial de los expertos que intervienen en el proceso, los cuales pueden ser profesionales con diferentes niveles de experiencia en diseño instruccional o programación, por lo que en algunos casos es posible utilizar los documentos de la Referencia Documental sin ayuda de las guías de llenado. La opinión de que las guías pueden no ser necesarias, puede ser causada por nivel de experiencia de los participantes en cuanto al diseño instruccional, ya que en esta evaluación todos los participantes son profesionales de la educación y fueron seleccionados por sus habilidades para describir las actividades educativas.

El octavo ítem evalúa la organización y la estructura de las formas (Definitivamente sí = 12.5 %, Probablemente sí = 87.5 %, Indeciso = 0.0 %, Probablemente no = 0.0 % y Definitivamente no = 0.0 %), las respuestas muestran que los profesores consideran que los contenidos de las formas son adecuadas, aunque su estructura y la organización puede mejorarse (mediana = 2).

El noveno ítem determina si los artefactos utilizados facilitan la descripción del uso de dispositivos móviles y PC de escritorio como parte de las tareas de una actividad (Definitivamente sí = 87.5 %, Probablemente sí = 12.5 %, Indeciso = 0.0 %, Probablemente no = 0.0 % y Definitivamente no = 0.0 %). Esto significa que la mayoría de los participantes consideraron que el contenido dentro de los artefactos efectivamente estaban dirigidas a describir e incluir el uso de dispositivos móviles como una parte de la actividad (mediana = 1).

El décimo ítem cuestiona acerca de la utilidad, en términos generales, de la Referencia documental para diseñar actividades educativas basadas en dispositivos móviles desde la perspectiva instruccional (Definitivamente sí = 87.5 %, Probablemente sí = 12.5 %, Indeciso = 0.0 %, Probablemente no = 0.0 % y Definitivamente no = 0.0 %). Esto significa que los profesores creen que los artefactos son útiles para describir este tipo de actividad (mediana = 1).

Las preguntas número 11 y 12 fueron:

- 11. Describa cualquier sugerencia de cambio, adaptación y/o extensión a los artefactos presentados.
- 12. ¿Cuál es su evaluación general de la Referencia Documental del CA-Mobile Framework?

Estas dos preguntas restantes del cuestionario permiten dar una valoración textual sobre la Referencia Documental, lo que muestra que los participantes encontraron estos artefactos útiles como herramientas de apoyo para crear el diseño instruccional de las actividades basadas en dispositivos móviles. Además, los profesores hicieron recomendaciones generales relativas a la estructura de los contenidos y el vocabulario que podría ser útil para los campos como:

“Las consideraciones humanas pueden ser a su vez, divididas entre el profesor y el alumno...”, “El campo Requerimientos y Material por equipo se confunde un poco, vale la pena especificar que el campo Requerimientos se refiere a acciones de coordinación humana, tal vez llamándolo Requerimientos de organización...”.

Una vez que todas las respuestas de los participantes fueron analizadas, se puede resumir los siguientes puntos:

- Los diseñadores instruccionales consideran que la Referencia Documental es útil como herramienta de apoyo para diseñar actividades educativas que incluyen el uso de dispositivos móviles como parte central de la actividad.
- El contenido dentro de los documentos abarca toda la información necesaria sobre los aspectos didácticos y pedagógicos de la actividad, y que eventualmente llevarán a elaborar los guiones didácticos y brindar apoyo al proceso de desarrollo de software.
- Las guías de llenado y videos de referencia son un buen complemento a los formatos de especificación de la actividad.

### 5.1.5. Interpretación de resultados

Esta experimentación permitió evaluar la utilidad de la referencia documental del CA-Mobile Framework y los resultados dieron evidencia de que es posible describir actividades educativas completas basadas en los dispositivos móviles y hacer un diseño instruccional con los artefactos teniendo siempre en cuenta que la actividad educativa estaría basada en dispositivos móviles y que hay procesos y tareas a considerar antes y después de la ejecución de la propia actividad.

Los resultados del análisis de coincidencias muestran que el uso de las guías, formularios y videos de la Referencia Documental permiten la replicación del procedimiento para la descripción y definición de las tareas que forman el diseño instruccional, obteniendo resultados similares, en algunos casos de hasta un 80 % respecto al diseño original.

Los resultados de la tabla 5.2 muestran que la descripción de la actividad realizada por

cada equipo empleando la Referencia Documental obtuvo un grado de alta coincidencia respecto a la descripción original. El equipo número uno obtuvo seis campos con un nivel de coincidencia alto, dos campos con coincidencia media y dos campos con un nivel de coincidencia bajo. Respecto al equipo número dos, obtuvo un total de ocho preguntas con coincidencia alta y dos preguntas con nivel de coincidencia medio. Así mismo el equipo número tres obtuvo un total de nueve preguntas con un nivel de coincidencia alto y una pregunta con nivel de coincidencia medio.

La evaluación de los participantes en el experimento dio evidencia de que los profesores percibieron como útiles a los componentes de la Referencia Documental, así mismo que ofrecen una vía estructurada y organizada para crear el diseño instruccional requerido por el modelo de procesos del CA-Mobile Framework en las etapas encargadas básicamente del diseño de la actividad en términos educativos. Estas etapas constituyen la base para el proceso de desarrollo.

Por su parte, los resultados del cuestionario de apreciación permitieron determinar que la Referencia Documental del CA-Mobile Framework es considerada por los diseñadores instruccionales como de utilidad para crear un diseño coherente de las actividades educativas colaborativas basada en dispositivos móviles mediante el uso de los diferentes artefactos de la Referencia Documental; formularios, guías y videos.

Los formatos de descripción de la actividad, casos de uso y descripción de los requisitos que previamente elaboraron los diseñadores instruccionales, serán utilizados por los programadores para desarrollar el software móvil y de PC para la actividad.

En general los resultados del análisis de coincidencia y el cuestionario de apreciación dejan entrever que es posible replicar el diseño instruccional de una misma actividad entre diferentes profesionales de la educación con resultados similares y eventualmente reusar el diseño tanto para extender y mejorar la misma actividad, o para crear otra a partir de ella.

## 5.2. Evaluación integral de la aplicación del CA-Mobile Framework

Toda vez que los artefactos de la Referencia Documental fueron evaluados como útiles y suficientemente claros para describir una actividad educativa basada en móviles y con la finalidad de evaluar el uso de todos los elementos del CA-Mobile Framework utilizados en la implantación de su modelo de procesos, se decidió crear una nueva actividad distinta a la anterior para probar una implementación completa del CA-Mobile Framework y su modelo de procesos que permitiera ver a detalle un seguimiento de cada etapa, los productos y las interacciones entre los roles involucrados. En este caso, durante el proceso participarían el profesor, que en este caso también realizó el rol del diseñador instruccional y dos programadores, uno con experiencia en programación para dispositivos móviles y otro con experiencia en desarrollo de software educativo. Estos programadores cuentan con un alto nivel de dominio del CA-Mobile API, lo que permitirá posteriormente tomar el resultado de su evaluación como un referente para el experimento número tres. El ejercicio consistió en diseñar y desarrollar una actividad orientada a estudiantes de secundaria, con la finalidad de apoyar su capacidad de argumentación matemática, reflexión para entender y resolver binomios utilizando un método gráfico extrapolado de un software para PC llamado “Sketchpad”<sup>1</sup>, el cual, bajo la experiencia del profesor involucrado ha tenido buenos resultados para este cometido.

### 5.2.1. Descripción

En esta experimentación los participantes hicieron uso del CA-Mobile Framework para diseñar y desarrollar una actividad educativa colaborativa basada en dispositivos móviles, aplicando el modelo de procesos asociado. Durante el tiempo de realización del experimento se midió el tiempo que tomó a los participantes realizar cada una de las etapas del modelo, a fin de tener un parámetro de referencia respecto al tiempo requerido en cada etapa con esa cantidad de participantes. Al final del experimento se aplicaron dos cuestionarios diferentes;

---

<sup>1</sup><http://www.dynamicgeometry.com>

un cuestionario de apreciación de la Referencia Documental (el mismo utilizado en el primer experimento) para el profesor/diseñador instruccional, y un cuestionario de dimensiones cognitivas (el instrumento se explica más adelante en el Capítulo seis) a los programadores con la finalidad de conocer aspectos de usabilidad y completitud del CA-Mobile API.

### 5.2.2. Método

Las personas que participaron en el experimento fueron tres; una profesora que hizo a su vez de diseñador instruccional gracias a su experiencia previa en el diseño de actividades para nivel secundaria y a su formación como estudiante de posgrado en ciencias de la educación. Por su parte las personas encargadas de la programación fueron dos, ya que la complejidad del software requirió la intervención de estas personas principalmente por el perfil de cada uno; el primero fue un estudiante de la carrera de Ingeniería, el cual contaba con experiencia previa en el desarrollo de software para dispositivos móviles y en el uso del CA-Mobile API, por su parte el otro participante fue un estudiante de posgrado en ciencias de la computación con perfil en tecnología educativa quien no contaba con experiencia previa en programación para móviles, pero contaba con experiencia en el diseño de software para educación y uso del CA-Mobile API para software de PC, lo que permitió que ambos perfiles de los programadores se complementaran.

La actividad propuesta para este experimento lleva el nombre de “Producto de binomios” donde el objetivo principal es provocar el descubrimiento de relaciones no evidentes (acción intencionada), el planteamiento de conjeturas claras (acción conjetural) y valorar las conjeturas que se han establecido y buscar argumentos para apoyar su validez general (acción contrastativa), así mismo se fomenta el trabajo colaborativo que de sentido formativo al uso de las TIC y en específico usando como elemento mediador los dispositivos móviles.

Esta actividad esta pensada llevarse a cabo en equipos de tres participantes, cada uno asumiendo un rol llamados; Elector, Colocador y Escritor. La audiencia a la cual esta destinada la actividad es para estudiantes de tercer grado de secundaria (13 a 15 años de edad) con un tiempo aproximado de 2 sesiones presenciales de 50 minutos cada una. El desarrollo

de la actividad esta planteada de la siguiente manera (información extraída del formato “Descripción de la actividad” de la Referencia Documental que previamente elaboró el diseñador instruccional):

*El Elector de pieza desplegará un bloque de tal manera que permita completar el área de un rectángulo imaginario cuyas dimensiones están dadas.*

*El Rotador-Colocador elegirá el lugar donde dicha pieza deberá ser colocada , para ser elegida dicha pieza, esta deberá ser igual lado a lado de aquellas que ya están mostradas, dándole un giro de 90 grados si es necesario.*

*Se mostrará el nivel de avance de cada equipo, con base a 5 niveles: triángulo, cuadrado, pentágono, hexágono, círculo, (basado en la historia de la película “Flatland” donde “cada generación tiene un lado nuevo, en cuantos mas lados se tenga, mas amplios serán los ángulos, por ende mas inteligentes son” Nivel 1 (triángulo). El estudiante identifica el producto de monomios que implica multiplicar lado a lado los bloques. Al familiarizarse con los bloques de Dienes. Nivel 2 (cuadrado) El estudiante multiplica binomios cuyo resultado que es un trinomio tiene un términos positivos. Nivel 3 (pentágono). El estudiante multiplica binomios cuyo resultado es un trinomio que tiene un término negativo. Nivel 4. El estudiante multiplica binomios conjugados (ello implica anular términos iguales de signo contrario). Nivel 5. El estudiante es capaz de factorizar trinomios y/o binomios conjugados.*

*El rol de Escritor solo se activará una vez que la representación geométrica de la expresión algebraica sea correcta.*

*Al terminar un problema completo, los estudiantes tendrán que rotar sus celulares en el sentido de las manecillas del reloj.*

*Los bloques morados representan variables o unidades positivas, y los amarillos representan variables o unidades negativas.*

Además de lo anterior, se complementó la información respecto al equipamiento necesario, las habilidades fomentadas (en este caso matemáticas), así como el producto entregable como evidencia de la actividad.

### 5.2.3. Desarrollo

En esta primera descripción se fue detallando para incluir los detalles del uso de móviles. Este documento fue el resultado de la primera etapa (etapa cero) del modelo de procesos. Las diferentes etapas se describen a continuación.

#### 5.2.3.1. Etapa cero: Diseño Instruccional

Durante la etapa cero, el diseñador instruccional describió de manera general la actividad usando para ello el formato de **Descripción de la actividad** a lo largo de una semana, en la cual se elaboraron diferentes borradores hasta que se obtuvo la versión final después de tres versiones preliminares. Posteriormente este formato fue entregado a los programadores para darles un contexto respecto al objetivo de la actividad educativa y como, de manera preliminar, se visualiza la realización de la actividad en el aula. La idea de entregar este documento a los programadores aun cuando no se tienen los casos de uso, es para que les permita identificar algunos requerimientos funcionales y no funcionales que no estarán precisamente descritos en los casos de uso que elabore el diseñador instruccional; por ejemplo, el hecho de que los celulares permitirían escribir una respuesta simbólica al binomio, sugirió a los programadores diseñar un método de escritura basado en iconos y no en texto.

#### 5.2.3.2. Etapa 1: Caracterización y especificación de los requerimientos de la actividad

En la etapa número uno, el diseñador instruccional apoyado por los programadores, identificó todos los procesos y tareas inmersos en la realización de la actividad. Para esta tarea se sugirió usar un diagrama de casos de uso estándar, ya que refleja de manera simplificada los procesos y qué rol esta asociado con cada uno de ellos. Posteriormente los programadores sugirieron que casos de uso deberían de ser prioritarios para el desarrollo del software, esta acción fue la que permitió que se comenzara con el desarrollo del software aún cuando no se tenían todos los casos de uso de la actividad, pero si todos aquellos relacionados con el uso del software. En esta etapa de cuatro semanas en total, el diseñador tenía al inicio de la tercer

semana algunos casos de uso que permitieron comenzar con la programación del software, posteriormente el diseñador completó los casos de uso no relacionados con los dispositivos móviles. En esta etapa se elaboraron un total de 12 casos de uso, de los cuales seis tenían relación directa con el software móvil, el resto incluían acciones de configuración e instalación de los equipos, así como tareas de coordinación de los estudiantes en la actividad.

#### **5.2.3.3. Etapa dos: Selección de los componentes que se usarán del Framework**

Toda vez que se obtuvieron los casos de uso que incluían la utilización de los dispositivos móviles, se realizó la etapa número dos del modelo de procesos, en donde los programadores realizaron un análisis léxico del flujo de eventos en cada caso de uso a fin de identificar las palabras claves que representan o están asociadas con alguna funcionalidad específica del CA-Mobile API, para de esta manera poder seleccionar los componentes que fueron candidatos a utilizar. En algunos casos se requirió apoyo del diseñador instruccional para entender un concepto descrito en los casos de uso. Esta etapa se llevó a cabo en una sola sesión de trabajo.

#### **5.2.3.4. Etapa tres: Desarrollo del software móvil usando componentes (API) del Framework**

Ya con la selección de componentes del CA-Mobile API y los casos de uso relacionados con los móviles se procedió a la realización de la etapa número tres que comprende propiamente el desarrollo propiamente del software para la actividad. En esta etapa los dos programadores decidieron dividir el trabajo; por un lado el programador con experiencia en el desarrollo de software para dispositivos móviles comenzó la creación de la interfaz del software; tablero, iconos y manipulación de los bloques en pantalla empleando los elementos de interfaz del CA-Mobile API. Por su parte el programador con experiencia en software educativo realizó la programación del algoritmo para resolver y factorizar los binomios, además de resolverlos y evaluarlos. Esto se llevó a cabo durante las dos primeras semanas de la etapa cinco. Posteriormente los programadores trabajaron juntos una semana para definir y adaptar sus respectivas implementaciones para que estuvieran basadas en un lenguaje descriptivo (vocabulario) de

binomios, con la finalidad de poder extender la funcionalidad del software para leer datos de un archivo de texto y convertirlos a una representación lógica de un binomio, y que estas descripciones fueran transportables inalámbricamente entre dispositivos móviles. Esta tarea se realizó en la tercer semana. Al final ambos programadores integraron los elementos de comunicación del CA-Mobile API a través de Bluetooth para intercambiar información y mantener la coordinación entre los tres dispositivos móviles que se requieren para ejecutar la actividad, uno por rol; Elector, Colocador y Escritor.

#### **5.2.3.5. Etapa cuatro: Adecuación del guión de la actividad considerando el software y sus características**

Por su parte en la etapa cuatro se llevó a cabo el refinamiento de los flujos de eventos en los casos de uso para incluir detalles del uso del software. Adicionalmente en esta etapa se elaboraron los guiones didácticos, los cuales se construyen a partir de la información contenida en los flujos de eventos de los casos de uso mas representativos, a fin de ofrecer una guía para el profesor y opcionalmente al estudiante si la actividad lo requiere. Éstos guían al participante en cómo se ha de llevar a cabo la ejecución de la actividad. Estos documentos no necesariamente son una ruta rígida para la realización de la actividad, aunque opcionalmente pueden incluir recomendaciones o tips por parte del diseñador instruccional o los programadores en ciertas tareas de la actividad. En el caso de esta actividad el diseñador instruccional incluyó recomendaciones de cuándo el profesor debería hacer una intervención con algún equipo, según el nivel de atraso con respecto a los demás equipos. Como resultado de esta etapa, que duró dos semanas, los documentos de la Referencia Documental; la descripción de la actividad, los casos de uso y los guiones, se refinaron para contar con una versión final de ellos como documentación de la propia actividad. Esta información puede ser útil para reutilizar partes del diseño en otra actividad o para extender la misma. Adicionalmente se lleva a cabo un pilotaje del software para que los profesores y diseñadores instruccionales conozcan los detalles del software que deberán incluir en los formatos correspondientes, por lo que es posible en esta etapa también hacer algunos cambios menores al software.

### 5.2.3.6. Etapa cinco: Evaluación de la actividad y el software móvil respecto a los requerimientos originales

Finalmente en la etapa numero cinco se llevó a cabo la evaluación de la actividad completa que incluye a los guiones didácticos y el software asociado. La evaluación se hace en términos del cumplimiento de los requerimientos funcionales especificados en los casos de uso. En esta etapa el diseñador instruccional y los programadores realizaron una revisión de los casos de uso para verificar si se contemplaron todas las tareas, procesos y características necesarias para la realización de la actividad, así como la verificación de que el software incluye todos los requerimientos planteados en el formato de “Especificación de requerimientos” de la Referencia Documental.

Cada etapa en el experimento se llevo a cabo en un total de 10 semanas, sin embargo la realización de cada etapa no necesariamente responde a una secuencia lineal, ya que algunas etapas se pudieron realizar de manera paralela, por lo que al final la suma de los tiempos requeridos en cada etapa no necesariamente son 10 semanas. La distribución de tiempos aplicando el modelo de procesos se puede apreciar en la tabla 5.4.

Tabla 5.4: Tiempos ocupados en cada etapa del modelo de procesos

Etapa	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6	Sem. 7	Sem. 8	Sem. 9	Sem. 10	Semanas por etapa	Rol involucrado
0 - Diseño Instruccional											1	Profesor, Diseñador Instruccional
1 - Caracterización y especificación de requerimientos de la actividad											4	Diseñador Instruccional
2 - Selección de los componentes que se usarán del Framework											1	Diseñador Instruccional, Programador
3 - Desarrollo del software móvil usando componentes (API)											4	Programador
4 - Adecuación del guión de la actividad considerando el software											2	Diseñador Instruccional, Programador
5 - Evaluación de la actividad y el software móvil											1	Profesor, Diseñador Instruccional y Programador

Con base en la observación del experimento, se da una justificación a esta distribución de tiempos no lineal; algunas etapas del modelo de procesos pueden realizarse de forma si-

multaneas, ya que si bien se requieren algunos de los productos de la etapa anterior para continuar con la siguiente, también es posible comenzar, en este caso, el desarrollo del software aún cuando no se han terminado de especificar todos los requerimientos, ya que algunos no necesariamente corresponden a requerimientos para el software, si no mas bien a procesos de coordinación de los participantes o configuración de los equipos, por lo que el diseñador instruccional comenzó detallando los casos de uso que ocupaban los programadores, y posteriormente de manera paralela al desarrollo concluyo los restantes casos de uso, tomando en cuenta que la actividad educativa y sus casos de uso describen todas las tareas a realizar para llevar a cabo de manera satisfactoria la actividad, pero no se hace uso de los dispositivos móviles en todas las tareas de la actividad, sin embargo si se deben describir todas estas tareas para complementar el guión didáctico. Otro punto a resaltar respecto a la realización de tareas simultaneas es aclarar que algunas de estas etapas no requieren mucho tiempo y con una sesión de trabajo se puede cubrir toda una etapa con en el caso de la etapa numero dos y la etapa numero cinco, las cuales les llevó a los participantes una sola sesión de trabajo para completar cada una.

#### **5.2.3.7. Instrumentos**

Al final del experimento, se les aplico un cuestionario a los tres participantes. Al diseñador instruccional se le aplicó el cuestionario de apreciación de la Referencia Documental utilizado en el primer experimento, el cuál cubre una opinión más amplia de esta parte del CA-Mobile Framework por que se hizo uso de todos los formatos de este componente.

Por su parte, a los programadores se les aplicó un cuestionario basado en el Framework de dimensiones cognitivas para evaluar usabilidad en librerías de clases presentado por Clarke y Becker (2003) y considerando también los aspectos propuestos por Blackwell y Green (2000), quienes propusieron un cuestionario para conocer los aspectos de usabilidad en los lenguajes de programación, los cuales fueron transportados y adaptados por Clarke (2004) durante su puesto de ingeniero de usabilidad para las API de Visual Studio .NET de la empresa Microsoft y que finalmente sintetizada por Daughtry, et. al. (2009) en su trabajo de usabilidad de API.

Este Framework propone 12 diferentes dimensiones cognitivas para conocer los aspectos más relevantes de la usabilidad y completitud de un API:

1. Nivel de abstracción: ¿Cuáles son los niveles mínimos y máximos de la abstracción expuestos por el API, y cual es el nivel máximos y mínimo utilizable por el desarrollador al que esta orientada el API?.
2. Estilo de Aprendizaje: ¿Cuáles son los requisitos de aprendizaje planteados por la API, y cuáles son los estilos de aprendizaje a disposición de un desarrollador objetivo?
3. Referencia conceptual: ¿Cuál es el tamaño proporcional de conocimiento de los conceptos necesarios para trabajar con eficacia?
4. Unidad de Trabajo: ¿Qué cantidad de una tarea de programación puede ser completado en un solo paso?
5. Evaluación progresiva: ¿En qué medida se puede completar parcialmente el código a ejecutar para obtener retroalimentación sobre el comportamiento de código?
6. Compromiso adelantado: ¿En qué medida un desarrollador tiene que tomar decisiones antes de que toda la información necesaria esté disponible?
7. Penetrabilidad: ¿Cómo la API puede facilitar la exploración, análisis y comprensión de sus componentes, y cómo el desarrollador al que esta dirigida el API puede realizar estas tareas?
8. Elaboración del API: ¿Hasta qué punto debe el API adaptarse para satisfacer las necesidades específicas de un desarrollador?
9. Viscosidad del API: ¿Cuanta es la resistencia al cambio inherente al API, y cuánto esfuerzo le lleva a un desarrollador hacer ese cambio?
10. Consistencia: Una vez que una parte del API se aprende, ¿Es posible deducir gran parte del resto de ella?

11. Rol expresivo: ¿Que tan clara es la relación entre cada componente del API y el programa en su conjunto?
12. Correspondencia de dominio: ¿Que tan claro es el mapa para el dominio de valores en los componentes del API ? ¿Hay algún truco o valor especial?

Basado en estas dimensiones cognitivas, se elaboró un cuestionario con reactivos asociados a estas dimensiones utilizando como base el cuestionario desarrollado por Hagen y Quinn (2007) y adaptado para el CA-Mobile API. Esta adaptación consistió básicamente en eliminar algunos ítems relacionados con la seguridad y privacidad, así como aspectos comerciales y de soporte técnico como producto, ya que no aplican para el CA-Mobile API. El instrumento que contempla estas doce categorías cognitivas, se agrupó en siete secciones, donde cada una incluía diferentes preguntas asociadas a las categorías cognitivas. Cada reactivo tiene un peso (valor) donde la suma de cada uno de ellos es el 100 % del peso máximo por categoría. De esta forma, cada pregunta tiene un valor asignado de acuerdo a su relevancia ya que algunas preguntas son respuestas abiertas y cualquier respuesta obtiene el valor máximo del reactivo. En el caso de que las preguntas tengan más de una posible respuesta, cada pregunta incluye sus posibles respuestas y cada una de ellas tiene un valor diferente dependiendo de la pregunta. Los valores asociados a cada posible respuesta se puede ver en la tabla de cada sección.

El cuestionario de dimensiones cognitivas aplicado a los programadores del experimento tiene la siguiente estructura:

Sección 1: Antecedentes informativos. La sección tiene como finalidad conocer la experiencia del usuario en el uso de CA-Mobile API y algunas otras librerías equivalentes o similares. Las preguntas en esa sección, el criterio que evalúa esa pregunta y los posibles valores se pueden apreciar en la tabla 5.5.

Sección 2: Documentación. Esta sección esta destinada a conocer la percepción de los programadores respecto a la documentación que acompaña al CA-Mobile API, así como los

Tabla 5.5: Sección de antecedentes informativos del cuestionario de evaluación del CA-Mobile API

Sección 1: Antecedentes informativos			
Criterio	Explicación/Detalle	Comentarios/Evidencia	Peso Máximo
Conocimiento	¿Cuál es el nombre del API?	Explique (25%)	25%
Tiempo de uso	¿Cuánto tiempo lleva usándola?	Semanas (25%)	25%
Experiencia	¿En que grado Usted se considera competente en su uso?	Alto(25%), Medio(16.66%) o Bajo(8.33%)	25%
Referencia	¿Ha usado algunas API similares? (En caso de que si, por favor nómbrelas)	Si o No (25%)	25%

aspectos de instalación, uso y retroalimentación. Los detalles de las preguntas realizadas en esta sección se pueden ver en la tabla 5.6.

Tabla 5.6: Sección de documentación del cuestionario de evaluación del CA-Mobile API

Sección 2: Documentación			
Criterio	Explicación/Detalle	Comentarios/Evidencia	Peso Máximo
Disponibilidad	¿El usuario puede encontrar un conjunto completo de la documentación disponible públicamente en un sitio Web?	Si(10%), No(5%)	10%
Compleitud	¿La documentación proporciona una metodología completa para hacer uso del API, un diccionario de datos para parámetros específicos y explicaciones de todas las funciones publicadas?	SI (20%), Algunas veces (13.32%) o NO (6.66%)	20%
Código de ejemplo proporcionado	¿La documentación proporciona código de ejemplo para todas las funciones?	SI (10%), Algunas veces (6.66%) o NO (3.33%)	10%
Claridad de escritura	¿Como lector puede fácilmente entender y seguir la documentación?	SI (10%), Algunas veces (6.66%) o NO (3.33%)	10%
Facilidad de instalación y uso	¿Considera fácil de instalar, configurar y utilizar el API y su documentación?	Fácil (20%), Regular (16.66%) o Difícil (8.33%)	20%
Manejo de errores	¿Los mensajes de error que proporciona el API ayudan a solucionar problemas de la aplicación?	SI (20%), Algunas veces (13.32%) o NO (6.66%)	20%
Efectividad	¿La documentación permite al usuario utilizar la funcionalidad sin necesidad de ponerse en contacto con nadie?	SI (10%), Algunas veces (6.66%) o NO (3.33%)	10%

Sección 3: Tecnología. Para fines de referencia, en esta sección se recopila la información respecto al conocimiento de las diferentes plataformas, lenguajes de programación y tipos de comunicación que actualmente soporta el API. Los detalles de las preguntas se encuentran en la tabla 5.7.

Sección 4: Rendimiento. Las preguntas de esta sección están enfocadas a conocer si el programador conoce los aspectos de compatibilidad de hardware que tiene el CA-Mobile API, así como su apreciación respecto a los tiempos en que las operaciones de comunicación se realizan a través de ella. Las preguntas de esta sección se pueden apreciar en la tabla 5.8.

Tabla 5.7: Sección de Tecnología en el cuestionario de evaluación del CA-Mobile API

Sección 3: Tecnología			
Criterio	Explicación/Detalle	Comentarios/Evidencia	Peso Máximo
Lenguajes soportados	¿Qué lenguajes de programación soporta el API?	Java (30%), Otro (15%)	30%
Sistemas operativos soportados	¿En que sistemas operativos es funcional el API?	Compatibles con Java (40%), Windows/Linux/Mac (30%), Solo Uno (20%)	40%
Tipos de comunicación soportados	¿Cuáles protocolos de comunicación que soporta actualmente el API?	Bluetooth(30%), Otro (15%)	30%

Tabla 5.8: Sección de Rendimiento en el cuestionario de evaluación del CA-Mobile API

Sección 4: Rendimiento			
Criterio	Explicación/Detalle	Comentarios/Evidencia	Peso Máximo
Compatibilidad de Hardware	¿Con que tipo de dispositivos es compatible el API?	Dispositivos Móviles y PC (25%), Solo Móviles (20%), Solo PC (15%)	25%
Compatibilidad de Software	¿Con que versiones de MIDP y CLDC opera el API?	MIDP 2.0 y CLDC 1.1 (35%), MIDP 2.0 (20%), CLDC 1.1 (10%)	35%
Tiempo de transferencia de datos	¿cómo calificaría el tiempo de transmisión de datos entre dispositivos bluetooth usando el CA-Mobile API?	Optimo (10%), Regular (6.66%) o Lento (3.33%)	15%
Búsquedas, negociaciones	¿cómo calificaría el tiempo de búsquedas y emparejamiento de los dispositivos bluetooth a través del CA-Mobile API?	Optimo (25%), Regular (16.66%) o Lento (8.33%)	25%

Sección 5: Soporte. Es una sección dedicada a conocer la perspectiva de los programadores respecto a los códigos de ejemplo y el entrenamiento para manejar el CA-Mobile API. En este punto es importante recalcar que aunque el API no es actualmente un producto, si se ofreció un medio de retroalimentación para los programadores que la usaron. Las preguntas de esta sección se ven en la tabla 5.9.

Tabla 5.9: Sección dedicada al Soporte en el cuestionario de evaluación del CA-Mobile API

Sección 5: Soporte			
Criterio	Explicación/Detalle	Comentarios/Evidencia	Peso Máximo
Soporte constante del Staff	¿Se provee soporte para resolver errores encontrados en el CA-Mobile API?	SI (25%), NO(12.%)	25%
Entrenamiento	¿El entrenamiento acerca del uso del CA-Mobile API es adecuado/suficiente para conocer las funcionalidades ofrecidas?	Suficientes (25%), Regular (16.66%) o Insuficientes (8.33%)	25%
Sitio con material del API	¿Encuentra útil el sitio en Internet con la información y/o material de entrenamiento del CA-Mobile Framework?	SI (25%), NO (12.5%)	25%
Códigos de Ejemplo	¿Se proveen ejemplos suficientes del uso del CA-Mobile API y sus diferentes funciones?	Suficientes (25%), Regular (16.66%) o Insuficientes (8.33%)	25%

Sección 6: Completitud del acceso a datos y funcionalidad. Esta sección en particular es importante ya que recopila datos respecto a como considera el programador que el CA-

Mobile API simplifica algunas tareas, así como su organización a nivel paquetes, la cohesión y acoplamiento de las clases y finalmente si el CA-Mobile API mantiene compatibilidad con versiones anteriores, una característica muy importante en el diseño basado en componentes reusables. Las preguntas de esta sección se encuentran en la tabla 5.10.

Tabla 5.10: Sección de completitud del acceso a datos y funcionalidad en el cuestionario de evaluación del CA-Mobile API

Sección 6: Completitud del acceso a datos y funcionalidad (Robustez)			
Criterio	Explicación/Detalle	Comentarios/Evidencia	Peso Máximo
Lectura/Escritura	¿En que grado considera que las funciones de lectura y escritura de datos que provee el CA-Mobile API simplifican estas tareas?	Alto (30%), Medio (20%) o Bajo (10%)	30%
Acceso a la funcionalidad (habilidad de transmitir, negociar y procesar)	¿En que grado considera que la funcionalidad del CA-Mobile API esta claramente especificada en sus paquetes, clases, métodos y parámetros?	Alto (30%), Medio (20%) o Bajo (10%)	30%
Velocidad de transmisión	¿cómo califica la velocidad de transmisión de datos usando CA-Mobile API respecto a la transmisión en tiempo real?	Buena (20%), Regular (13.32%) o Mala (6.66%)	20%
Compatibilidad con versiones anteriores	¿Con cada cambio en el CA-Mobile API, se mantiene la compatibilidad con versiones anteriores?	En caso que si, cuantas versiones probó del API?, Si(20%), No(10%)	20%

Sección 7: Esta sección, aunque corta, da información valiosa para conocer el tiempo que le llevo a cada programador completar la capacitación del CA-Mobile API, en términos de semanas. Se agregó un elemento específicamente diseñado para conocer el tiempo que le llevo al programador usar el CA-Mobile API para el experimento en cuestión. (El juego de los binomios). Cabe señalar que para futuras evaluaciones este ítem pudiera modificarse para conocer los datos de proyecto que se este realizando al momento de la evaluación. Las preguntas de esta sección se encuentran en la tabla 5.11.

Tabla 5.11: Sección de información adicional de entrenamiento en el cuestionario de evaluación del CA-Mobile API

Sección 7: Información adicional de entrenamiento			
Criterio	Explicación/Detalle	Comentarios/Evidencia	Peso Máximo
Tiempo de capacitación	En cuanto tiempo completo la capacitación/entrenamiento del CA-Mobile API	Semanas (50%)	50%
Juegos de los binomios	En caso de que haya participado en el proyecto: Juego de binomios, ¿cuánto tiempo le dedicó a su desarrollo?	Semanas (50%)	50%

Los detalles de los resultados se discuten a continuación de ambos cuestionarios se discuten a continuación.

### 5.2.4. Interpretación de resultados

En el caso del diseñador instruccional, éste encontró útiles los formatos para describir tanto la actividad completa como sus procesos representados como casos de uso. Las respuestas al cuestionario de apreciación pueden verse en la siguiente tabla 5.12 y reflejan en su mayoría una valoración alta respecto a la claridad y utilidad de los documentos utilizados de la Referencia Documental.

Tabla 5.12: Respuestas al cuestionario de apreciación aplicado al profesor participante en la experimentación

Pregunta	Definitivamente SI (1)	Probablemente SI (2)	Indeciso (3)	Probablemente NO (4)	Definitivamente NO (5)
1. ¿Pudo usar todos los artefactos (documentos, guías y vídeos) de la Referencia Documental?	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas
2. ¿Es el propósito de cada documento claro?	0 Personas	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas
3. ¿Son de utilidad los artefactos de la Referencia Documental (documentos, formularios, guías y vídeos)?	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas
4. ¿Los nombres de los documentos son coherentes con su contenido y uso?	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas
5. ¿Los nombres de campo corresponden a su contenido?	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas
6. ¿Considera que el vocabulario utilizado en los artefactos es adecuado?	0 Personas	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas
7. ¿Considera que las guías de llenado que acompañan a cada documento son útiles?	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas
8. ¿La estructura de la información en cada documento es adecuada?	0 Personas	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas
9. ¿Los documentos ayudan a especificar el uso de móviles tecnología como parte de la actividad?	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas
10. ¿Considera que la Referencia Documental es útil para la definición y descripción de las actividades basadas en tecnología móvil?	1 Persona	0 Personas	0 Personas	0 Personas	0 Personas

Sin embargo, el profesor requirió del apoyo del programador con experiencia en software móvil para describir los casos de uso de manera suficientemente clara para que reflejaran los requerimientos funcionales necesarios para desarrollar el software. Esto pudo ser causado por la falta de experiencia del diseñador instruccional en el área de aprendizaje móvil.

Al final del experimento, el diseñador instruccional mostró un avance en términos del entendimiento de la relación de los dispositivos móviles y la actividad, lo que se vio reflejado en la elaboración del guión final, el refinamiento de los casos de uso y descripción de la actividad.

Cabe señalar también que el diseñador realizó algunas intervenciones durante el proceso de desarrollo de software a fin de conocer su opinión respecto a alguna funcionalidad específica del software, lo que permitió al diseñador ser un rol participante incluso cuando no estaba considerado inicialmente en esas etapas del modelo de procesos. Estas intervenciones por parte del programador en la etapa de diseño instruccional y del profesor durante el desarrollo del software permitió que ambos roles compartieran experiencias y enfoques que enriquecieron el producto final, sin contar que fomenta un mecanismo más fluido de comunicación entre los roles participantes del experimento.

En el caso de los programadores, se analizaron sus cuestionarios donde se aplicó la suma de los pesos de cada pregunta contestada por sección en el cuestionario de dimensiones cognitivas. Los valores presentados en las tablas fueron calculados dependiendo de los diferentes pesos de las opciones para responder en cada pregunta, los cuales se dividieron entre el porcentaje total del peso esperado por pregunta. Los resultados se pueden apreciar en la tabla 5.13:

Tabla 5.13: Promedio de los pesos por pregunta en la sección 1: Antecedentes Informativos

Sección 1: Antecedentes informativos				
Pregunta	Programador 1	Programador 2	Peso Promedio	Peso Esperado
¿Cuál es el nombre del API?	25.00%	25.00%	25.00%	25%
¿Cuánto tiempo lleva usándola?	25.00%	25.00%	25.00%	25%
¿En que grado Usted se considera competente en su uso?	25.00%	25.00%	25.00%	25%
¿Ha usado algunas API similares? (En caso de que si, por favor nómbrelas)	25.00%	25.00%	25.00%	25%
<b>Total:</b>			100.00%	100%

Como se observa en la tabla las preguntas tiene un mismo peso, ya que las respuestas son abiertas, a excepción de la pregunta número tres la cual si puede tener diversos valores dependiendo de la experiencia del programador con respecto al uso del CA-Mobile API, la cual puede ser Alto=25.00 %, Medio=16.66 % o Bajo=8.33 %. La sección en su totalidad determina el conocimiento de los datos generales del API, el tiempo que lleva el usuario trabajando con ella y si tiene referencia de alguna librería con funcionalidad similar. Esto permite saber si el programador conoce la información básica respecto al CA-Mobile API y

su contexto de uso y aplicación. Estos datos proveen una referencia general para conocer el grado de dominio que el programador tiene respecto al API.

En la tabla 5.14 se muestran los resultados de la sección numero dos relacionada con las características de la documentación que acompaña al CA-Mobile API.

Tabla 5.14: Promedio de los pesos por pregunta en la sección 2: Documentación

Sección 2: Documentación				
Pregunta	Programador 1	Programador 2	Peso Promedio	Peso Esperado
¿El usuario puede encontrar un conjunto completo de la documentación disponible públicamente en un sitio Web?	50.00%	13.32%	7.50%	10%
¿La documentación proporciona una metodología completa para hacer uso del API, un diccionario de datos para parámetros específicos y explicaciones de todas las funciones publicadas?	10.00%	13.32%	13.32%	20%
¿La documentación proporciona código de ejemplo para todas las funciones?	50.00%	13.32%	5.00%	10%
¿Como lector puede fácilmente entender y seguir la documentación?	10.00%	13.32%	10.00%	10%
¿Considera fácil de instalar, configurar y utilizar el API y su documentación?	50.00%	13.32%	20.00%	20%
¿Los mensajes de error que proporciona el API ayudan a solucionar problemas de la aplicación?	10.00%	13.32%	16.66%	20%
¿La documentación permite al usuario utilizar la funcionalidad sin necesidad de ponerse en contacto con nadie?	50.00%	13.32%	8.33%	10%
		<b>Total:</b>	80.81%	100%

Los resultados expresan el conocimiento y apreciación de los programadores respecto a la documentación que acompaña al API. Los datos con mayor variación respecto a los demás son los resultados de las preguntas uno, tres y siete con valores por debajo del promedio, sin embargo esto se debió en gran medida a que cuando los programadores realizaron la evaluación, no estaba concluida ni publicada toda la documentación ni los ejemplos pero aprendieron los aspectos necesarios del API gracias a que ellos tuvieron capacitación presencial para usar el CA-Mobile API y asesoría personal durante la ejecución del experimento.

En el caso de las preguntas de la sección tres, están enfocadas a saber si el programador conoce las tecnologías compatibles con el CA-Mobile API. Los resultados se pueden ver en la siguiente tabla 5.15.

En general los resultados de esta sección muestran un valor alto aproximado al peso máximo por pregunta, debido principalmente a que los participantes tuvieron oportunidad

Tabla 5.15: Promedio de los pesos por pregunta en la sección 3: Tecnología

Sección 3: Tecnología				
Pregunta	Programador 1	Programador 2	Peso Promedio	Peso Esperado
¿Qué lenguajes de programación soporta el API?	30%	30%	30.00%	30%
¿En que sistemas operativos es funcional el API?	40%	40%	40.00%	40%
¿Cuáles protocolos de comunicación que soporta actualmente el API?	30%	15%	22.50%	30%
<b>Total:</b>			92.50%	100%

de probar el CA-Mobile API en diversas plataformas, incluso desde las versiones prototipo del API, por lo que los resultados reflejan un nivel alto de conocimiento de la compatibilidad tecnológica.

Las preguntas en la sección 4 (vease tabla 5.16), reflejan por una parte el conocimiento de los detalles técnicos del API y la apreciación del rendimiento en la velocidad de envío de los datos a través del componente de comunicación Bluetooth del CA-Mobile API, que si bien la velocidad esta determinada por el propio protocolo a nivel hardware, ésta se ve afectada directamente por el tipo de implementación en software.

Tabla 5.16: Promedio de los pesos por pregunta en la sección 4: Rendimiento

Sección 4: Rendimiento				
Pregunta	Programador 1	Programador 2	Peso Promedio	Peso Esperado
¿Con que tipo de dispositivos es compatible el API?	25%	25%	25.00%	25%
¿Con que versiones de MIDP y CLDC opera el API?	35%	35%	35.00%	35%
¿cómo calificaría el tiempo de transmisión de datos entre dispositivos bluetooth usando el CA-Mobile API?	15%	10%	12.50%	15%
¿cómo calificaría el tiempo de búsquedas y emparejamiento de los dispositivos bluetooth a través del CA-Mobile API?	25%	16.66%	20.83%	25%
<b>Total:</b>			93.33%	100%

De acuerdo a los resultados presentados, se puede decir que los programadores conocían de manera clara el tipo de hardware compatible con el CA-Mobile API. Del mismo modo los aspectos referentes al tiempo de envío de los mensajes entre dispositivos, así como su respectivo emparejamiento y búsquedas fueron calificados con un porcentaje alto, lo que significa que los mecanismos de comunicación implementados dentro del API son desde la perspectiva del programador aceptables.

Por otra parte, en la quinta sección relacionada con la retroalimentación que provee el propio CA-Mobile API al programador con respecto a los errores, así como los aspectos de entrenamiento en su uso, se puede observar un peso promedio cercano al máximo, debido

principalmente a que la capacitación que recibieron los programadores fue personalizada y con tiempo previo a la realización del experimento (véase tabla 5.17).

Tabla 5.17: Promedio de los pesos por pregunta en la sección 5: Soporte

Sección 5: Soporte				
Pregunta	Programador 1	Programador 2	Peso Promedio	Peso Esperado
¿Se provee soporte para resolver errores encontrados en el CA-Mobile API?	25%	25%	25.00%	25%
¿El entrenamiento acerca del uso del CA-Mobile API es adecuado/suficiente para conocer las funcionalidades ofrecidas?	25%	25%	25.00%	25%
¿Encuentra útil el sitio en Internet con la información y/o material de entrenamiento del CA-Mobile Framework?	25%	12.50%	18.75%	25%
¿Se proveen ejemplos suficientes del uso del CA-Mobile API y sus diferentes funciones?	25%	25%	25.00%	25%
		<b>Total:</b>	93.75%	100%

Los resultados muestran que el CA-Mobile API provee información en tiempo de ejecución que retroalimenta y ayuda a los programadores a encontrar y solucionar fallos. Por otra parte los temas y contenidos vistos por los programadores durante su entrenamiento en el uso del CA-Mobile API son suficientes y claros para el dominio de la librería.

La siguiente sección muestra los resultados de las preguntas relacionadas con la completitud, definida como la capacidad de acceder y realizar todas las funciones y tareas para la cual se desarrollo la librería. Las preguntas también recopilan la apreciación de los programadores respecto a la robustez de que tan bien se realizan las tareas con el API. En la tabla 5.18 se pueden apreciar los resultados a estas preguntas.

Tabla 5.18: Promedio de los pesos por pregunta en la sección 6: Completitud del acceso a datos y funcionalidad (Robustez)

Sección 6: Completitud del acceso a datos y funcionalidad (Robustez)				
Pregunta	Programador 1	Programador 2	Peso Promedio	Peso Esperado
¿En que grado considera que las funciones de lectura y escritura de datos que provee el CA-Mobile API simplifican estas tareas?	30.00%	30.00%	30.00%	30%
¿En que grado considera que la funcionalidad del CA-Mobile API esta claramente especificada en sus paquetes, clases, métodos y parámetros?	30.00%	30.00%	30.00%	30%
¿cómo califica la velocidad de transmisión de datos usando CA-Mobile API respecto a la transmisión en tiempo real?	20.00%	20.00%	20.00%	20%
¿Con cada cambio en el CA-Mobile API, se mantiene la compatibilidad con versiones anteriores?	20.00%	20.00%	20.00%	20%
		<b>Total:</b>	100.00%	100%

Estos resultados muestran que los programadores encontraron que el CA-Mobile API cumple con un alto grado las funciones y tareas en ella implementadas, los valores altos significan que suficientemente completa y robusta en la realización de sus funciones, además de mantener compatibilidad con versiones anteriores, un factor imparte en una librería que mantiene cambios constantes.

Por ultimo, la sección numero siete (véase tabla 5.19) se elaboró con la finalidad de tener un punto de referencia de los tiempos ocupados por los programadores para concluir tanto la capacitación en el uso del CA-Mobile Framework y el tiempo requerido para completar la implementación del software para la actividad.

Tabla 5.19: Promedio de los pesos por pregunta en la sección 7: Información adicional

Sección 7: Información adicional de entrenamiento				
Pregunta	Programador 1	Programador 2	Peso Promedio	Peso Esperado
En cuanto tiempo completo la capacitación/entrenamiento del CA-Mobile API	50.00%	50.00%	50.00%	50%
En caso de que haya participado en el proyecto: Juego de binomios, ¿cuánto tiempo le dedicó a su desarrollo?	50.00%	50.00%	50.00%	50%
<b>Total:</b>			100.00%	100%

Los resultados de éste experimento representan de cierto modo, el máximo valor esperado para este instrumento, ya que los dos programadores participantes en el experimento son las personas con el mayor grado de experiencia usando el CA-Mobile Framework, debido a que participaron desde las pruebas iniciales de los primeros prototipos, hasta la liberación de la primera versión beta de la librería. Este punto permitirá posteriormente comparar si otros programadores, después de la capacitación y entrenamiento, pueden obtener resultados similares a los obtenidos por estos programadores “control”.

En resumen, los resultados del cuestionario de dimensiones cognitivas indican lo siguiente:

- El CA-Mobile API presenta un alto grado de usabilidad, ya que los programadores lograron las funciones requeridas del CA-Mobile API de manera satisfactoria.
- Las funcionalidades que provee el CA-Mobile API simplifican la implementación de los elementos de comunicación y coordinación dentro del software para la actividad “Producto de binomios”.

- La completitud y robustez que presenta el CA-Mobile API fue evaluada con un grado alto, ya que las tareas de las funciones utilizadas por los programadores se cumplieron en su totalidad.
- Los programadores tenían un contexto claro del CA-Mobile API, en términos de su uso y compatibilidad tecnológica tanto en hardware y software.
- La capacitación presencial y personalizada de los programadores incrementó el nivel de dominio del CA-Mobile API, lo que se vio reflejado en el producto final en software.

Respecto al tiempo requerido explícitamente para la etapa de desarrollo del software, los programadores utilizaron un total de cuatro semanas para desarrollar la versión funcional del software, es decir que en las semanas posteriores aún le agregaron y corrigieron algunas características que fueron descubiertas en la etapa de pilotaje. Este periodo de tiempo no refleja las semanas donde apoyaron al diseñador instruccional que en promedio fueron dos semanas antes y una después del desarrollo del software.

Otros datos relevantes para este experimento son en si mismos, la integración de los participantes (diseñador instruccional y programador) y logro de los objetivos del modelo de procesos, que era desarrollar el software para la actividad bajo el enfoque del CA-Mobile Framework. Esta colaboración hasta cierto punto informal, ya que no esta considerada en el modelo de procesos, permitió que ambos roles se integraran en los contextos del otro y conocieran detalles importantes, lo que permitió además un mejor entendimiento de los aspectos que aportan un valor agregado a sus respectivas etapas.

En específico, los programadores intervinieron durante la etapa numero uno, caracterización y especificación de los requerimientos de la actividad, para apoyar al diseñador instruccional a considerar ciertos aspectos que definirían mejor los requerimientos en términos del uso de los dispositivos móviles, ya que con esto las necesidades que debería cubrir el software quedarían claras. A partir de esta intervención y la retroalimentación, tanto del diseñador instruccional como de los programadores, se generó un mejor entendimiento tanto de los aspectos tecnológicos por parte del diseñador instruccional, como de los aspectos educativos por parte de los programadores.

El tiempo total ocupado para elaborar la actividad educativa fue de 10 semanas, sin embargo mucho del tiempo gastado pudo estar causado por la poca experiencia de los participantes en el desarrollo de actividades educativas completas y el tiempo que llevaba alcanzar un consenso de ideas y conceptos, sin embargo, al final del ejercicio se observó una mejora tanto en el flujo de información como en el uso de vocabulario homogéneo entre el diseñador instruccional y los programadores, aspectos que pueden disminuir el tiempo de desarrollo en actividades futuras.

Así mismo, es importante recalcar que la cantidad de tiempo utilizada para concluir el ejercicio también respondió a la cantidad de personas que asumió un rol dentro del modelo de procesos, ya que con mas recurso humano (mas profesores, diseñadores instruccionales o programadores) los productos de cada etapa se pudieran cumplir en tiempos menores, y aunque se pudiera requerir más tiempo al inicio para establecer el modo de trabajo y los acuerdos de cada equipo, los tiempos y esfuerzos requeridos para completar los productos puede verse reducido considerablemente.

Por otra parte es importante recalcar que también la experiencia previa de los participantes en el uso de dispositivos móviles para educación es un factor determinante, ya que reduce la curva de aprendizaje y por tanto, el tiempo de desarrollo de la propia actividad, ya que aunque los programadores tengan experiencia en desarrollar software para dispositivos móviles, el entendimiento de los aspectos a considerar para un software que será usado en el ámbito educativo es un factor predominante para la etapa de desarrollo, y aunque es posible desarrollar esa habilidad durante del proceso de desarrollo, es recomendable contar con ella antes para acortar esta curva de aprendizaje.

Respecto a la Referencia Documental, el uso de sus formatos y guías permitieron dar un seguimiento estructurado a todas las etapas y su respectiva documentación, misma que al final sirvió de base para crear los guiones didácticos de forma simplificada, ya que toda la información detallada se encontraba en los formatos de casos de uso. Esta documentación sirve también como apoyo para extender y mejorar el diseño de la actividad o para crear alguna otra, ya que al tener un enfoque basado en procesos, es posible reutilizar algunas

descripciones previamente detalladas en los formatos. El documento donde se elabora el guión didáctico se encuentra en el anexo A: Documentos de la Referencia Documental, y básicamente es llenado por el diseñador instruccional a fin de proveer una guía al profesor al momento de llevar a cabo la actividad y puede ser tan extensa o simplificada como se requiera.

### **5.3. Evaluación desde la perspectiva tecnológica: CA-Mobile API**

La experimentación anterior dio evidencia de que el modelo de procesos puede ayudar a hacer uso del CA-Mobile Framework en su totalidad para crear actividades educativas bajo el enfoque de la colaboración mediada por dispositivos móviles. Sin embargo, uno de los aspectos tecnológicos del CA-Mobile Framework no se había medido, que era la posibilidad de reproducir la implementación en software con resultados similares toda vez que los programadores aprendieran a usar el API, además de conocer cual es en promedio el tiempo que se requiere para aprender a usarla.

#### **5.3.1. Descripción**

Por ello, se elaboró un tercer experimento que lo que buscaba era encontrar evidencia de que es posible obtener resultados similares en la implementación de un software que empleó el CA-Mobile Framework para una misma actividad independiente del programador, conocer el tiempo que lleva a programadores con diferente experiencia conocer y dominar el API para implementar el software para una actividad en específico, así como aplicar el cuestionario de dimensiones cognitivas a fin de evaluar el grado de usabilidad y completitud del CA-Mobile API desde la perspectiva de programadores que no habían usado el API con anterioridad. Adicionalmente, el experimento trataba de encontrar evidencia de que los formatos de la referencia documental son entendibles e interpretables por los programadores que desarrollarán el software requerido.

### 5.3.2. Método

Para obtener esta información, se diseñó un experimento donde participaron estudiantes de nivel licenciatura de tres instituciones diferentes de nivel medio superior; Instituto Tecnológico de Chihuahua (siete estudiantes), Universidad Autónoma de Yucatán (tres estudiantes) y la Universidad Autónoma de Baja California (un estudiante). Con un total de 11 estudiantes coordinados y supervisados por un profesor de cada institución. Se elaboró todo un curso en línea para el uso del CA-Mobile API, incluyendo videotutoriales, ejemplos en código y documentación técnica de la librería. Posteriormente se publicó el curso utilizando la plataforma de cursos en línea del grupo de investigación Edumat-TI, lo que permitió llevar un control de los participantes en cada etapa del curso, así como administrar el control de los ejercicios requeridos durante la capacitación. Con un total de 11 lecciones en el curso, se mostraron las funcionalidades del CA-Mobile API que iban a requerir para completar la implementación en software de la actividad “Producto de binomios”. Durante el experimento, los alumnos deberían tomar el curso capacitación en línea sobre el uso del CA-Mobile API, con ejemplos de las diferentes funcionalidades que ofrece el API.

Al final, los participantes deberían implementar en software los requerimientos de comunicación y coordinación de usuarios para una actividad en específico utilizando para ello el CA-Mobile API. Para tener un punto de referencia comparable con los programadores “control” del experimento anterior, los cuales tienen un alto grado de dominio en el CA-Mobile API, se decidió utilizar la misma actividad de “Productos de Binomios”, para que los participantes en este experimento utilizaran un diseño instruccional previamente elaborado y del cual ya se contaba con un producto probado. Con esto se pretendía conocer si los resultados de utilizar el CA-Mobile API eran similares o equivalentes.

Al final del experimento, se compararon todas las versiones en software para los binomios con la finalidad de encontrar similitudes con respecto al original que fue desarrollado en el experimento anterior, adicionalmente, también se les aplicó el cuestionario de dimensiones cognitivas a los participantes. El contenido del curso se puede ver en la tabla 5.20.

Tabla 5.20: Contenido del curso en línea del CA-Mobile API

Curso: CA-Mobile API				
Lección	Descripción	Videos	Códigos Fuentes	Ejercicios
1: Agregar CA-Mobile Framework a Netbeans 6.x en Windows/Linux	Video demostrativo de como agregar el API del CA-Mobile Framework al IDE Netbeans 6.x y Sun Java Wireless Tool Kit 2.5.X bajo Windows/Linux.	2	0	1
2: Búsqueda de dispositivos Bluetooth	Ejemplo que muestra como usar el API del CA-Mobile Framework para buscar información detallada de los dispositivos bluetooth cercanos.	1	1	1
3: Búsqueda de servicios Bluetooth	Aplicación que muestra como buscar un servicio específico en los dispositivos bluetooth usando CA-Mobile Framework.	1	1	1
4: Cliente y Servidor Bluetooth	Aplicación tipo cliente-servidor para intercambio de mensajes escritos usando la clase BTSimpleServer y BTSimpleClient del CA-Mobile Framework.	1	1	1
5: Crear una aplicación de Chat multicliente en dispositivos móviles	Aplicación de chat para móviles con soporte hasta 7 dispositivos conectados usando el API del CA-Mobile Framework	1	1	1
6: Intercambio de mensajes para control colaborativo	Juego del gato (Tic-Tac-Toe) via bluetooth usando CA-Mobile Framework para implementar intercambio de mensajes en una aplicación colaborativa.	2	1	1
7: Aplicación con un menu simple	Ejemplo de como usar el API del CA-Mobile Framework para crear pantallas con un menu simple, aplicando el concepto de CanvasEvent y CanvasEventListener.	1	1	1
8: Aplicación con un menu multiple	Ejemplo que extiende el ejercicio 3 para crear diversas pantallas de menu en la misma aplicación.	1	1	1
9: Uso de la utilería "CanvasWriter"	Ejemplo que muestra como usar la clase CanvasWriter para desplegar contenidos textuales en un Canvas.	1	1	1
10: Uso de la utilería "CanvasShowText"	Ejemplo que muestra como usar la clase CanvasShowText para desplegar cotenidos textuales largos y ajustarlos automaticamente al tamaño de la pantalla.	1	1	1
11: Creación de un Canvas Splash	Ejemplo que muestra como usar las clases CanvasSplash y CanvasLogo para crear pantallas de bienvenida a la aplicación.	1	1	1

### 5.3.3. Desarrollo

La capacitación en línea se llevó a cabo durante cuatro semanas, durante las cuales los participantes completaban cada una de las secciones del curso entregando a su vez, videos con los ejercicios de tarea ejecutándose en dispositivos móviles reales. Estas evidencias nos permitieron valorar su capacidad para utilizar de manera efectiva las funciones del CA-Mobile API vistas en cada sección del curso. Los profesores en cada institución proveían información adicional respecto a sus observaciones e impresiones de los estudiantes durante la capacitación, además de apoyar a los estudiantes con alguna duda respecto al uso de la plataforma del curso o del propio seguimiento.

Al final de la capacitación, los estudiantes deberían entregar como proyecto final, un software móvil para una actividad educativa. Para ello se les proporcionó los documentos previamente llenados por el diseñador instruccional respecto a la actividad de “Producto de binomios”, con la finalidad de ocupar un diseño ya probado previamente y del cual ya se

contaba con el software, lo que facilitó conocer cual sería el resultado de esperado por los programadores. En este caso, se les pidió a los programadores que leyeran la documentación de la actividad para conocer el contexto de la misma. Adicionalmente se les proporcionó un video donde se mostraba el software de la actividad en ejecución para que los participantes tuvieran una referencia de cual sería el resultado esperado de su versión del software.

Es importante mencionar que para el ejercicio, se tomaron componentes funcionales del software “original” los cuales no tenían nada que ver con el CA-Mobile API, pero que les iba a permitir a los programadores concentrarse solo en aquellas partes del software que requerían hacer uso del CA-Mobile API, lo cual era el objetivo del experimento y no tanto que comenzaran a “rehacer” una versión completamente nueva del software. Los componentes que se eligieron fueron los de la máquina de resolución de binomios, el banco de reactivos y la interfaz gráfica del tablero. Con ésto, los programadores deberían centrarse en implementar los aspectos de comunicación y coordinación de los usuarios, así como la definición de los mensajes de control que deberían implementar para lograr esta coordinación.

#### **5.3.4. Instrumentos**

Al final, se obtuvieron cinco versiones diferentes del software, debido a que algunos estudiantes trabajaron en equipos de dos a tres personas. Estas versiones fueron comparadas con el original en términos funcionales para ver si la implementación de los participantes era similar o equivalente a la versión original.

Toda vez que se concluyó la programación del software por parte de los participantes, se les aplicó el cuestionario de dimensiones cognitivas a fin de valorar su opinión respecto a la funcionalidad, usabilidad y completitud del CA-Mobile API desde su punto de vista.

La cantidad de estudiantes y profesores, así como productos evaluados se puede ver en la tabla 5.21.

Tabla 5.21: Relación de estudiantes, profesores y perfiles de los alumnos por Institución

Institución	Profesores	Alumnos	Carrera	Semestre	Cantidad de prototipos entregados
Instituto Tecnológico de Chihuahua	1	7	Ingeniería en Sistemas	4o.	3
Universidad Autónoma de Yucatán	2	3	Ingeniería en Computación	5o.	1
Universidad Autónoma de Baja California	1	1	Ingeniería en Computación	6o.	1

### 5.3.5. Interpretación de resultados

Los primeros datos que se obtuvieron del experimento fueron respecto a la capacitación en sí, en donde los participantes mostraron interés y compromiso por completar todas las lecciones y ejercicios.

#### 5.3.5.1. Capacitación

En esta etapa fue fundamental el seguimiento de los profesores en cada institución, ya que por primera vez se realizaba una capacitación del CA-Mobile API a programadores que no tenían ningún contexto relacionado con el Framework ni con el trabajo previo, adicionalmente los programadores contaban con experiencia básica previa en el desarrollo de software para dispositivos móviles, lo que permitió también saber que no se requiere un perfil con alto dominio de programación en dispositivos móviles para usar de manera efectiva el CA-Mobile API. Así mismo, los profesores notificaron que además de los ejercicios propuestos por el curso de capacitación, los estudiantes estaban comenzando a experimentar por su cuenta en otros proyectos con el CA-Mobile API, lo que da cierta evidencia anecdótica del API en otros contextos no necesariamente educativos.

El tiempo que les llevo a los participantes concluir la capacitación se puede ver en la tabla 5.22.

Tabla 5.22: Tiempo promedio en que se completo la capacitación por Institución educativa

Institución	Numero de participantes	Tiempo Estimado del curso	Tiempo real requerido	Porcentaje de tiempo requerido respecto al estimado
Instituto Tecnológico de Chihuahua	7	4 Semanas	7.33 Semanas	183.25%
Universidad Autónoma de Yucatán	3	4 Semanas	3 Semanas	75.00%
Universidad Autónoma de Baja California	1	4 Semanas	2 Semanas	50.00%

Estos datos muestran en general que es posible terminar la capacitación en menos de cuatro semanas, sin embargo en el caso del Instituto Tecnológico de Chihuahua les llevo un promedio de 3.33 semanas más de lo previsto (casi el doble), sin embargo esto se debió en gran parte a que la capacitación del CA-Mobile API se empató con un curso de clase, por lo que los estudiantes participantes completaron la capacitación de forma escolarizada por un periodo de aproximadamente dos meses debido a la programación de las sesiones, de acuerdo al profesor que así lo convino para fines de su clase. No obstante, los datos de la Universidad Autónoma de Yucatán y la Universidad Autónoma de Baja California demuestran que es posible concluir la capacitación hasta en dos semanas, siempre y cuando el profesor y los estudiantes le dediquen el tiempo necesario de aproximadamente dos horas en sesiones diarias, lo que no representa demasiado tiempo para aprender a utilizar una nueva librería.

Otro factor importante aquí es que, a partir de los datos reflejados en la tabla 5.18, es posible determinar que la curva de aprendizaje del CA-Mobile API es corta, aún cuando los programadores no sean expertos en programación móvil, incluso con pocos años de experiencia programando que, en algunos casos, fue de un año solamente de experiencia.

Por otra parte, los estudiantes opinaron que los documentos proporcionados (los formatos de la Referencia Documental) mostraban de manera clara el objetivo de la actividad, así como los requerimientos funcionales y que si bien no desarrollaron el software completamente, si conocieron todos los requerimientos que el software debía cumplir.

#### **5.3.5.2. Comparación de los productos de software**

Al final, las cinco versiones del software de “Producto de binomios” fueron comparadas una a una con el original en términos funcionales, donde todas las versiones lograron implementar todas las funcionalidades de comunicación y control requeridas de manera satisfactoria usando el CA-Mobile API con un alto grado de similitud con respecto al original. Este punto da una evidencia de que es posible replicar el uso del CA-Mobile Framework para resolver

un mismo problema, con resultados altamente similares y con la misma consistencia funcional, lo que demuestra también la coherencia y homogeneidad que tienen los componentes del CA-Mobile API. Esta evidencia es importante ya que se obtuvo de programadores de diferentes instituciones educativas, con diferente ubicación geográfica, así como diferente contexto y experiencia en programación dando al final resultados similares. Esto último también demuestra que las partes del software diseñados para una actividad educativa bajo el enfoque del CA-Mobile Framework son reutilizables, ya que en este caso se usaron partes del software previamente diseñados.

### 5.3.5.3. Dimensiones cognitivas

Respecto al cuestionario de dimensiones cognitivas, los resultados a las diferentes secciones se muestran a continuación, al final estos resultados fueron comparados con los resultados de los programadores “control” del segundo experimento. Los resultados de las diferentes secciones se muestran a continuación:

La primera sección mostrada en la tabla 5.23 da resultados en general similares a los esperados, sin embargo la pregunta tres presenta un valor bajo, debido principalmente a que los programadores respondieron tener un nivel de valor medio y bajo en el uso del CA-Mobile API, lo cual tiene sentido ya que aunque completaron la capacitación, los ejercicios mostrados en ella estaban enfocados a cubrir aquellos temas que necesitarían posteriormente para completar el ejercicio, y algunas funciones como el intercambio de archivos por Bluetooth o el manejo de la cámara no fueron temas cubiertos en la capacitación.

Tabla 5.23: Resultados de las preguntas aplicadas a los participantes respecto al resultado esperado, sección 1: Antecedentes informativos

Sección 1: Antecedentes informativos													
Pregunta	Prog.1	Prog.2	Prog.3	Prog.4	Prog.5	Prog.6	Prog.7	Prog.8	Prog.9	Prog.10	Prog.11	Peso Promedio	Peso Esperado
¿Cuál es el nombre del API?	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%
¿Cuánto tiempo lleva usándola?	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%
¿En que grado Usted se considera competente en su uso?	25.00%	16.66%	8.33%	8.33%	13.32%	16.66%	16.66%	25.00%	13.32%	8.33%	13.32%	14.99%	25.00%
¿Ha usado algunas API similares? (En caso de que si, por favor nómbrelas)	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%
<b>Total:</b>												<b>89.99%</b>	<b>100.00%</b>

En el caso de la sección numero dos (véase tabla 5.24) muestra variaciones en todos los elementos, dando valores más bajos en las preguntas uno, tres, cuatro y siete, las que están relacionadas directamente con el seguimiento de la documentación que acompaña el CA-Mobile API. Estas variaciones se pudieron generar debido a que dentro del curso de capacitación no se hizo uso extensivo de la documentación como tal, ya que los ejemplos fueron provistos en video con una explicación narrativa, por lo que el uso de la documentación fue de poco a nulo durante el curso. No obstante, los participantes consideraron que la instalación del CA-Mobile API fue sencilla y que la retroalimentación que proporciona en tiempo de ejecución respecto a los errores son también claros y permiten detectar ciertos problemas relacionados con las funciones dentro del API.

Tabla 5.24: Resultados de las preguntas relacionadas a la documentación en la sección 2: Documentación

Sección 2: Documentación													
Pregunta	Prog.1	Prog.2	Prog.3	Prog.4	Prog.5	Prog.6	Prog.7	Prog.8	Prog.9	Prog.10	Prog.11	Peso Promedio	Peso Esperado
¿El usuario puede encontrar un conjunto completo de la documentación disponible públicamente en un sitio Web?	3.33%	10.00%	10.00%	5.00%	5.00%	10.00%	3.33%	10.00%	10.00%	5.00%	10.00%	7.42%	10.00%
¿La documentación proporciona una metodología completa para hacer uso del API, un diccionario de datos para parámetros específicos y explicaciones de todas las funciones publicadas?	6.66%	13.32%	20.00%	20.00%	13.32%	20.00%	6.66%	13.32%	20.00%	13.32%	20.00%	15.15%	20.00%
¿La documentación proporciona código de ejemplo para todas las funciones?	3.33%	6.66%	10.00%	10.00%	6.66%	10.00%	3.33%	6.66%	10.00%	6.66%	10.00%	7.57%	10.00%
¿Como lector puede fácilmente entender y seguir la documentación?	10.00%	6.66%	10.00%	6.66%	6.66%	10.00%	10.00%	6.66%	10.00%	6.66%	10.00%	8.48%	10.00%
¿Considera fácil de instalar, configurar y utilizar el API y su documentación?	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%
¿Los mensajes de error que proporciona el API ayudan a solucionar problemas de la aplicación?	13.32%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	13.32%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	18.79%	20.00%
¿La documentación permite al usuario utilizar la funcionalidad sin necesidad de ponerse en contacto con nadie?	10.00%	6.66%	10.00%	6.66%	6.66%	10.00%	10.00%	6.66%	10.00%	6.66%	10.00%	8.48%	10.00%
<b>Total:</b>												<b>85.89%</b>	<b>100.00%</b>

La tabla 5.25 muestra que los participantes conocen y tienen un contexto claro de la compatibilidad que tiene el CA-Mobile Framework respecto a los lenguajes, arquitecturas y protocolos utilizados, en este punto se desconoce que sistemas operativos utilizaban los participantes, por lo que las variaciones pueden responder precisamente a ese factor.

En la sección cuatro presentada en la tabla 5.26 se puede apreciar valores por encima de la media, sin embargo a excepción de la pregunta numero tres que tiene un valor cercano al

Tabla 5.25: Respuestas a las preguntas referentes al aspecto de compatibilidad e integración en la sección 3: Tecnología

Sección 3: Tecnología													
Pregunta	Prog.1	Prog.2	Prog.3	Prog.4	Prog.5	Prog.6	Prog.7	Prog.8	Prog.9	Prog.10	Prog.11	Peso Promedio	Peso Esperado
¿Qué lenguajes de programación soporta el API?	30.00%	20.00%	30.00%	30.00%	30.00%	20.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	28.18%	30.00%
¿En que sistemas operativos es funcional el API?	40.00%	40.00%	30.00%	30.00%	30.00%	40.00%	30.00%	30.00%	30.00%	40.00%	40.00%	34.55%	40.00%
¿Cuáles protocolos de comunicación que soporta actualmente el API?	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%
<b>Total:</b>												92.73%	100.00%

máximo, los demás elementos presentan una variación mayor respecto al valor esperado. Estos resultados pueden responder a la falta de un punto de referencia para la comparación, ya que la mayoría de los participantes no tenía experiencia previa usando API para comunicación entre dispositivos móviles.

Tabla 5.26: Las respuestas reflejan una evaluación aceptable para la sección 4: Rendimiento

Sección 4: Rendimiento													
Pregunta	Prog.1	Prog.2	Prog.3	Prog.4	Prog.5	Prog.6	Prog.7	Prog.8	Prog.9	Prog.10	Prog.11	Peso Promedio	Peso Esperado
¿Con que tipo de dispositivos es compatible el API?	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	25.00%
¿Con que versiones de MIDP y CLDC opera el API?	35.00%	20.00%	35.00%	35.00%	35.00%	35.00%	35.00%	35.00%	20.00%	35.00%	35.00%	32.27%	35.00%
¿cómo calificaría el tiempo de transmisión de datos entre dispositivos bluetooth usando el CA-Mobile API?	15.00%	15.00%	15.00%	10.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	14.55%	15.00%
¿cómo calificaría el tiempo de búsquedas y emparejamiento de los dispositivos bluetooth a través del CA-Mobile API?	25.00%	16.66%	25.00%	25.00%	16.66%	25.00%	16.66%	16.66%	16.66%	16.66%	25.00%	20.45%	25.00%
<b>Total:</b>												87.27%	100.00%

Respecto a la sección número cinco relacionada con los aspectos de soporte con los que cuenta el CA-Mobile API, los resultados de la tabla 5.27 muestran que los participantes encontraron suficientes tanto el entrenamiento respecto al CA-Mobile API como el material contenido en el sitio del curso, sin embargo la pregunta uno refleja que no todos los participantes encontraron algún error o inconsistencia en el API, por lo que algunos participantes no tuvieron suficientes parámetros para valorar este punto. Respecto a la última pregunta que presenta el valor más bajo de todos, puede ser generada porque el curso no cubrió la totalidad de funciones que provee el CA-Mobile API, ya que como se mencionó anteriormente, el curso estaba enfocado a cubrir sólo ciertos aspectos del API necesarios para la experimentación.

Tabla 5.27: Respuestas a las preguntas asociadas al nivel de documentación y soporte con el que cuenta el API, sección 5: Soporte

Pregunta	Sección 5: Soporte											Peso Promedio	Peso Esperado	
	Prog.1	Prog.2	Prog.3	Prog.4	Prog.5	Prog.6	Prog.7	Prog.8	Prog.9	Prog.10	Prog.11			
¿Se provee soporte para resolver errores encontrados en el CA-Mobile API?	8.33%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	8.33%	25.00%	8.33%	20.45%	25.00%
¿El entrenamiento acerca del uso del CA-Mobile API es adecuado/suficiente para conocer las funcionalidades ofrecidas?	25.00%	25.00%	25.00%	13.32%	25.00%	25.00%	25.00%	13.32%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	22.88%	25.00%
¿Encuentra útil el sitio en Internet con la información y/o material de entrenamiento del CA-Mobile Framework?	25.00%	25.00%	25.00%	12.50%	25.00%	25.00%	25.00%	12.50%	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%	22.73%	25.00%
¿Se proveen ejemplos suficientes del uso del CA-Mobile API y sus diferentes funciones?	25.00%	25.00%	8.33%	8.33%	25.00%	16.66%	25.00%	8.33%	16.66%	8.33%	25.00%	25.00%	17.42%	25.00%
<b>Total:</b>												83.48%	100.00%	

Por su parte la sección número seis muestra resultados (véase tabla 5.28) cercanos al máximo esperado, lo que se interpreta como un grado aceptable de satisfacción por parte de los programadores respecto a la velocidad de envío y recepción de mensajes entre dispositivos, así mismo la claridad de la organización de los paquetes dentro del CA-Mobile API se evaluó como suficiente y entendible. Del mismo modo calificaron como adecuada la compatibilidad con versiones anteriores del API, ya que durante el entrenamiento se realizaron cambios en algunas clases del API, lo que generó que utilizaran al menos dos versiones diferentes del CA-Mobile API. Sin embargo, las preguntas uno y dos presentan valores apenas por encima de la media, lo que refleja nuevamente que no todos los participantes tenían un punto de referencia para comparar la simplificación de código usando el CA-Mobile API, y que no todos exploraron en su totalidad los paquetes dentro del API.

Tabla 5.28: Respuestas de los estudiantes para la sección 6: Completitud del acceso a datos y funcionalidad (Robustez)

Pregunta	Sección 6: Completitud del acceso a datos y funcionalidad (Robustez)											Peso Promedio	Peso Esperado	
	Prog.1	Prog.2	Prog.3	Prog.4	Prog.5	Prog.6	Prog.7	Prog.8	Prog.9	Prog.10	Prog.11			
¿En que grado considera que las funciones de lectura y escritura de datos que provee el CA-Mobile API simplifican estas tareas?	30.00%	30.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	30.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	22.73%	30.00%
¿En que grado considera que la funcionalidad del CA-Mobile API esta claramente especificada en sus paquetes, clases, métodos y parámetros?	30.00%	30.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	21.82%	30.00%
¿cómo califica la velocidad de transmisión de datos usando CA-Mobile API respecto a la transmisión en tiempo real?	20.00%	13.32%	20.00%	13.32%	13.32%	20.00%	13.32%	13.32%	20.00%	13.32%	13.32%	13.32%	15.75%	20.00%
¿Con cada cambio en el CA-Mobile API, se mantiene la compatibilidad con versiones anteriores?	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%
<b>Total:</b>												80.29%	100.00%	

Finalmente, los datos reflejados en la tabla 5.29 referentes a la sección siete de información

adicional de entrenamiento, permitió medir la curva de aprendizaje encontrando que dicha curva es pequeña comparada con lo esperado que sería de cuatro semanas en promedio, ya que hubo casos en los que algunos participantes concluyeron la totalidad de lecciones del curso en dos semanas, la mitad del tiempo esperado. Por otra parte, los datos también reflejan el tiempo que los programadores invirtieron en completar las funcionalidades faltantes en el software para la actividad “Producto de binomios”, usando únicamente los componentes preconstruidos que se les proporcionó al inicio del ejercicio (la máquina de procesamiento de binomios y la interfaz gráfica del tablero principal).

Tabla 5.29: Tiempos en los que los estudiantes completaron la capacitación, sección 7: Información adicional de entrenamiento

Pregunta	Sección 7: Información adicional de entrenamiento											Peso Promedio	Peso Esperado
	Prog.1	Prog.2	Prog.3	Prog.4	Prog.5	Prog.6	Prog.7	Prog.8	Prog.9	Prog.10	Prog.11		
En cuanto tiempo completo la capacitación/entrenamiento del CA-Mobile API	2 Semanas (50%)	3 Semanas (50%)	3 Semanas (50%)	3 Semanas (50%)	7 Semanas (50%)	7 Semanas (50%)	7.5 Semanas (50%)	7 Semanas (50%)	8 Semanas (50%)	7 Semanas (50%)	8 Semanas (50%)	50.00%	50.00%
En caso de que haya participado en el proyecto: Juego de binomios, ¿cuánto tiempo le dedicó a su desarrollo?	2 Semanas (50%)	3 Semanas (50%)	3 Semanas (50%)	3 Semanas (50%)	4 Semanas (50%)	4 Semanas (50%)	4 Semanas (50%)	4 Semanas (50%)	4 Semanas (50%)	4 Semanas (50%)	4 Semanas (50%)	50.00%	50.00%
<b>Total:</b>												100.00%	100.00%

Al final, los valores promedios resultantes de cada sección del cuestionario de dimensiones cognitivas, fueron comparados con los resultados de los programadores “control” del experimento dos a fin de analizar las diferencias. Los resultados se aprecian en la tabla 5.30.

Tabla 5.30: Comparativa de respuestas al cuestionario de dimensiones cognitivas entre los programadores del experimento dos y tres

Sección	Resultados de los programadores "Control" del experimento dos	Resultados de los programadores del experimento tres
1. Antecedentes informativos	100%	89.32%
2. Documentación	80.80%	83.31%
3. Tecnología	92.50%	92%
4. Rendimiento	93.33%	87.66%
5. Soporte	93.75%	85.16%
6. Completitud de acceso a datos y funcionalidad (Robustez)	100%	80%

Estos resultados de la primera sección demuestran que los programadores “control” tienen un mayor conocimiento de los antecedentes informativos comparados con los programadores del experimento tres, lo cual tiene sentido debido principalmente al tiempo y experiencia que tienen los primeros respecto al uso del CA-Mobile API. En el caso de la documentación (sección número dos) los programadores del experimento tres presentan un grado mayor de utilización y valoración de la documentación del API, lo cual tiene sentido toda vez que hicieron un uso más extensivo de ella, además de que cuando se llevó a cabo el experimento número dos, la documentación no estaba completa. La sección número tres presenta valores muy similares y con poca variación, lo que indica que ambos grupos de programadores tienen un nivel similar de conocimiento de los aspectos de compatibilidad con lenguajes y plataformas que tiene el CA-Mobile API. En cuestión de la sección cuatro relacionada con el rendimiento, los programadores control presentaron una valoración mayor debido principalmente a que ellos sí tienen un punto de referencia más claro respecto a la eficiencia presentada en los métodos del CA-Mobile API. Por otra parte, en la sección número cinco (soporte) refleja una valoración mayor por parte de los programadores “control”, los cuales llevaron un entrenamiento presencial y personalizado acerca del uso del CA-Mobile API, además de haber experimentado todas las funciones que provee el API. Finalmente los aspectos de completitud (capacidad de contar con todos los elementos necesarios para que el API realice su respectiva función), robustez (que todas las tareas, procesos y funciones se realicen de manera completa y clara cada que son usadas) y funcionalidad (capacidad del API para simplificar determinados procesos a través del uso de las funciones implementadas en la propia librería) fueron valorados con un mayor grado por parte de los programadores control debido nuevamente a la experiencia de uso que pudieron obtener con el CA-Mobile API, ya que no solo la usaron para la actividad de “Producto de binomios”, sino que la han usado en otros proyectos y prototipos. Cabe señalar que en esta tabla no se compararon los resultados de la sección seis, debido principalmente a que no proporciona datos comparables, ya que las cantidades de tiempo empleadas por un grupo de programadores difiere del otro, puesto que en un caso se realizó el software completo desde el inicio, y el otro grupo hizo uso

de componentes preconstruidos.

Como se puede observar, los datos presentan poca diferencia en términos generales, donde la máxima variación es del 20 % en el caso de la sección seis. Esta información refleja que es posible obtener resultados y por tanto valoraciones similares respecto al CA-Mobile API entre programadores con diferentes contextos y experiencia independientemente del tipo de capacitación que lleven, por tanto estos datos dan evidencia de que para programadores y para aprender el CA-Mobile API es posible alcanzar un grado de experiencia similar a una capacitación presencial y personal, utilizando cursos en línea en poco tiempo y con resultados similares, lo que incrementa además la capacidad respecto al número potencial de programadores que pudieran capacitarse en esta parte del CA-Mobile Framework, que si bien esta asociada a éste Framework, el CA-Mobile API puede ser utilizada para otros propósitos como software de tipo científico o videojuegos.

## 5.4. Discusión

Los resultados encontrados a través de la experimentación de esta investigación se presentan primero por separado y posteriormente una discusión integral del CA-Mobile Framework.

### 5.4.1. Evaluación desde la perspectiva docente

En términos generales, la primer evaluación del CA-Mobile Framework (sección 5.1) permite valorar como suficientemente claros y útiles a los diversos documentos de la Referencia Documental; Ya que a partir de su uso, los profesores fueron capaces de describir una actividad que involucraba el uso de dispositivos móviles fuera del aula en combinación con una PC. Esto, además de permitir una integración de tecnologías de escritorio y móviles, les permitió a los profesores asociar y comprender el modelo de Objetos Educativos Móviles (EMO) a través de un escenario que presentaba la realización de una actividad educativa colaborativa basada en móviles.

Sin embargo, los datos de la evaluación no reflejan las inquietudes y comentarios de los

profesores, ya que al ser un tema nuevo para los participantes, causó una expectativa interesante e inquietud de conocer más acerca del m-learning, toda vez que el uso de tecnología para el apoyo de la educación lo tenían contextualizado en plataformas de aprendizaje basados en Web, simuladores en software de diversas áreas o tutoriales electrónicos. Así mismo, el uso de nuevas tecnologías se enmarcaba en un contexto de pizarrones electrónicos combinados con elementos multimedios. Este esquema referencial del uso de las TIC en la educación no necesariamente refleja el conocimiento de los docentes en general del uso de la tecnología, sin embargo en la muestra de profesores que participaron en el experimento si era un enfoque compartido, ya que realizaron comentarios a éste respecto durante la realización de la experimentación donde dejaban entrever sus experiencias previas con el uso de TIC en su practica docente.

Por otra parte, el entusiasmo e interés de los profesores en el experimento ayudó a que estuvieran abiertos respecto a conocer un modelo de actividades educativas que fomentara la participación e integración de los estudiantes mediante una dinámica colaborativa que integraba además un elemento que, según su opinión, representaba un atractivo para los propios estudiantes; el uso de dispositivos móviles.

Los resultados mostraron que, a criterio de los profesores, los formatos utilizados y los recursos complementarios como guías de llenado y los videos de ejemplo y referencia de las actividades les parecieron claros y útiles, ya que en una sola sesión de trabajo fueron capaces de identificar y describir los detalles de la actividad presentada, permitiendo llenar los formatos con información pertinente a la actividad y con un alto grado de similitud al diseño instruccional original.

Durante la realización del experimento se pudo observar en algunos casos un poco de confusión con respecto al grado de detalle que se debería incluir en cada elemento descrito en los formatos, así como algunas sugerencias por su parte de cómo se mejorarían los formatos si se incluyeran algunas palabras claves utilizadas en el ámbito educativo, y en específico, del diseño instruccional. Así mismo, fue necesaria la intervención de un experto en aprendizaje móvil para que explicara algunos detalles importantes a considerar durante el diseño de la

actividad como la coordinación de los equipos antes de realizar la actividad o la cantidad de tiempo necesario que requiere la entrega de los dispositivos móviles y PC a los estudiantes. Además de detalles técnicos como los tiempos de emparejamiento de los equipos o la limitante de la distancia entre los dispositivos móviles, los cuales no se podían apreciar en el video mostrado. La participación del experto en aprendizaje móvil fue un factor que le dio un valor agregado a la experimentación, ya que permitió poner en claro muchas de las ideas de los profesores respecto al diseño instruccional y enfocó sus esfuerzos para obtener al final el resultado esperado. Esto hace suponer que el personal (incluidos profesores, diseñadores instruccionales y los programadores) que desee diseñar y desarrollar actividades de este tipo requiere de una capacitación previa en el uso de dispositivos móviles en la educación, y finalmente en la aplicación del CA-Mobile Framework. Esto evitaría la necesidad del experto en aprendizaje móvil como figura asesora durante el proceso, ya que si bien tomó un papel importante en el experimento, no necesariamente aportó algo a la actividad en sí. Aunque su participación ayudo a alcanzar el objetivo, su intervención fue necesaria únicamente por la falta de experiencia de los profesores en el diseño de actividades de éste tipo y el uso del CA-Mobile Framework como tal. Dicha falta de experiencia puede ser remediada cuando los profesores y diseñadores instruccionales diseñen mas actividades de este tipo.

Otro punto importante que se pudo observar es que el uso de videos demostrativos de actividades educativas colaborativas basadas en dispositivos móviles les permitió a los profesores tener un contexto más rápido respecto a lo que implicaba realizar una actividad en el aula con dispositivos móviles. Esto da evidencia de que una vez que los profesores tienen el contexto necesario pueden realizar un diseño instruccional totalmente enfocado al aprendizaje móvil, lo que lleva a pensar que sin el uso de los videos de referencia, es probable que se hubiera requerido de más tiempo para contextualizar a los profesores en el uso de los dispositivos móviles bajo el enfoque de los Objetos Educativos Móviles (EMO). Estos videos fueron entregados en formato DVD a cada uno de los equipos y podían, si era necesario, visualizarlos más de una vez para encontrar mas detalles en la ejecución de la actividad que les permitiera una mejor descripción y diseño de la actividad.

### 5.4.2. Aplicación del CA-Mobile Framework y su modelo de procesos

En la segunda experimentación, se probó en un escenario real el CA-Mobile Framework en su totalidad incluyendo la aplicación del modelo de procesos. Aunque el modelo de procesos se aplicó en todas sus etapas, se pudo apreciar que se podían ejecutar diferentes etapas de manera simultánea (como el caso de poder iniciar la etapa de desarrollo aún sin concluir la etapa de especificación de requerimientos). Del mismo modo y de acuerdo a las observaciones, es posible que los tres roles involucrados en el modelo de procesos; profesor, diseñador instruccional y programador, realicen participaciones en todas las etapas, ya que aunque el modelo no definía una participación clara de otros roles más que los estipulados en una etapa en específico, en la experimentación se percibió una constante participación de todos los roles dando opiniones y apoyando desde su perspectiva al rol “primario” en alguna etapa. Esto le dio un valor agregado a los productos resultantes de cada etapa y al mismo modelo de procesos, ya que a partir de ello, la comunicación de ideas y claridad de conceptos fluyó de una manera transparente, lo que hace pensar que una variante del modelo de procesos pudiera estipular que todos los roles estén activos en las seis etapas del modelo, asignando un nivel de responsabilidades, a los roles en cada una de ellas, con la finalidad de saber de manera clara quien deberá de entregar los productos esperados en las diferentes etapas y delimitar responsabilidades.

Otro punto importante a resaltar es que el modelo de procesos propone que una persona asuma un rol específico, sin embargo en este caso una misma persona asumió dos roles dentro del proceso; el rol del profesor y del diseñador instruccional. Esto se pudo dar gracias al nivel de experiencia en diseño de actividades educativas que tenía el participante, ya que esta realizando estudios de posgrado en ciencias de la educación, por otro lado su experiencia como docente activo a nivel secundaria también le permitió identificar y plantear el objetivo que perseguía con la actividad. Esto proporciona un enfoque que no se había contemplado del todo dentro del diseño del CA-Mobile Framework, donde se asumía que el profesor solo delimitaba el problema y describía la actividad de forma general y el diseñador instruccional

realizaba todo el diseño restante considerando el uso de dispositivos móviles. Esto delimita cuatro escenarios posibles de cómo puede ser la participación del diseñador instruccional y del profesor dentro del desarrollo de una actividad de aprendizaje móvil:

Primero, el escenario donde el profesor es quien determina un objetivo educativo y elige una actividad para facilitar el logro de ese objetivo. En este caso el diseñador instruccional se encarga de realizar todo el diseño de la actividad considerando el uso de dispositivos móviles, para lo que requiere un conocimiento y contexto claro de los posibles usos de esta tecnología en el aula.

Segundo, un escenario donde el profesor determina el objetivo educativo y elige una actividad para lograrlo y donde el diseñador instruccional deberá realizar el diseño restante pero no necesariamente cuenta con el conocimiento de cómo utilizar dispositivos móviles como medio didáctico. En este caso la falta de experiencia del diseñador y eventualmente del profesor, puede ser remediada con el apoyo de un experto en aprendizaje móvil que le guíe en como integrar de manera efectiva la utilización de dispositivos móviles a una actividad educativa durante el proceso de diseño de la actividad.

En el tercer escenario tanto el profesor como el diseñador tienen un conocimiento previo del aprendizaje móvil y de cómo pretenden utilizarlos en una actividad en clase. Esto puede facilitar el diseño de la actividad y enriquecerla con el uso de los dispositivos móviles, ya que los objetivos a alcanzar estarán claramente asociados al aprendizaje móvil desde la perspectiva del docente y del diseñador. Esto también puede facilitar la especificación de requerimientos funcionales, lo que se vería reflejado en un menor tiempo de desarrollo de la actividad completa. Este escenario pudiera ser visto como el escenario ideal.

Un cuarto escenario es que el mismo profesor asuma el rol del diseñador instruccional y que además cuente con el nivel de experiencia en aprendizaje móvil para que por sí solo defina y planteé la actividad en términos claros y específicos que faciliten tanto el diseño como un mayor apoyo en las etapas relacionadas con la construcción del software. Este es el escenario que tuvo lugar en la experimentación número dos de este trabajo (sección 5.2).

En todos los casos, se puede ver que si bien el conocimiento del uso de dispositivos móviles

en el aula aporta un aspecto importante al proceso de desarrollar la actividad, también es un aspecto opcional ya que, como en el caso del segundo experimento, aún y cuando el profesor/diseñador no contaba con los conocimientos necesarios respecto al área de aprendizaje móvil, éstos fueron cubiertos con la asesoría de un experto en la materia; lo que lleva a pensar que no necesariamente se requiere un alto conocimiento previo del uso de dispositivos móviles en el aula para desarrollar actividades con este fin. Por otra parte, el nivel de experiencia deseable por parte del profesor y del diseñador instruccional aumentará con cada actividad que diseñen relacionada al aprendizaje móvil. Así mismo, la integración de un grupo interdisciplinario de profesionales aportaría un valor agregado al producto final, ya que la suma de experiencia de los integrantes de éste equipo se vería reflejado en la actividad educativa resultante.

Otro punto importante es el hecho de que en éste experimento trabajó un grupo de tres personas, los cuales concluyeron satisfactoriamente con las etapas del modelo de procesos en un tiempo de 10 semanas. Sin embargo, si el número de participantes en el proceso de desarrollo se incrementa puede representar cambios respecto al tiempo que lleva realizar cada una de las etapas del modelo ya que intervienen más personas en cada una de ellas. No obstante, es difícil asegurar que los tiempos tienden a disminuir solo por el hecho de sumar más profesores, diseñadores instruccionales o programadores al proceso, ya que entre más miembros participen en un equipo de trabajo, se requiere más negociaciones y coordinación entre éstos miembros. Por otra parte, una vez que el grupo de trabajo haya establecido y alcanzado los acuerdos en la forma de trabajar, el tiempo requerido para desarrollar una actividad educativa puede disminuir en comparación al tiempo que le llevaría desarrollarla a un equipo donde solo un profesional asuma cada rol dentro del modelo de procesos.

Finalmente se observó que, aunque el modelo de procesos considera seis etapas para concluir el desarrollo de la actividad educativa; diseño instruccional, los guiones didácticos y software de apoyo, sería recomendable agregar otra etapa al modelo de procesos para la experimentación en un escenario similar al que está pensado para la actividad (que puede ser la propia aula de clases). Esto permitiría descubrir aspectos relacionados con los tiempos

reales que consume cada acción y procesos descritos en los casos de uso, así como tareas que no se hayan considerado y que pueden afectar a la realización de la actividad (ejemplo: condiciones físicas del ambiente de operación de los dispositivos móviles). Estas características encontradas durante la ejecución de la actividad en un escenario real permitiría eventualmente enriquecer tanto los casos de uso, los guiones didácticos y el propio software.

### 5.4.3. Evaluación del CA-Mobile API desde la perspectiva tecnológica

En el caso de la última experimentación que consistió en la evaluación del API del CA-Mobile Framework, se obtuvieron datos que dan evidencia de la usabilidad de sus componentes y la facilidad con la que pueden ser aplicados. Así mismo la consistencia y coherencia de las funciones que se realizan a través del API, permitió que los participantes del experimento valoraran con un nivel de usabilidad, completitud y robustez aceptable. Lo que significa que los componentes incluidos en el CA-Mobile API simplifican la implementación de mecanismos de comunicación y coordinación (usabilidad) en un software para actividades educativas basadas en dispositivos móviles. Por otra parte, los resultados presentados valoran como suficientes las funciones incluidas en cada componente (funcionalidad) y con una respuesta aceptable con cada ejecución (robustez).

Además, los participantes encontraron que la utilización del CA-Mobile API no requiere una capacitación extensa y que su uso puede ser aprendido a través de cursos en línea. Esta apreciación permite ver se puede aprender a usar el CA-Mobile API en diferentes esquemas de capacitación como presencial o a distancia, y en esquemas formales, escolarizado y posiblemente autodidactas.

Por otra parte, el poder evaluar el CA-Mobile API con estudiantes de tres diferentes instituciones de educación superior, proporcionó en sí un gran valor agregado, ya que el uso y la misma evaluación en sí no se vio afectada por intervención del desarrollador de la librería. Adicionalmente, los tres grupos de programadores y profesores tenían diferentes contextos y experiencias en el uso de móviles. Del mismo modo, la dinámica de control por

parte de cada profesor responsable también influyo en los tiempos en que se alcanzaron los resultados del experimento, ya que en el caso del Tecnológico de Chihuahua el seguimiento fue formal y escolarizado, mientras que en el caso de la Universidad Autónoma de Yucatán y la Universidad Autónoma de Baja California el seguimiento fue mas de tipo asesoría. Sin embargo todos concluyeron con el objetivo aunque en tiempos diferentes. En el caso de la Universidad Autónoma de Baja California, solo participó un estudiante del último semestre de la carrera de Ingeniería en Computación en su etapa terminal y con experiencia previa en el desarrollo de aplicaciones móviles usando J2ME, lo que permitió que los temas vistos en el curso los cubriera en un tiempo de dos semanas, correspondiendo a el tiempo más corto registrado en completar la capacitación, sin embargo el papel del profesor sí influyó, ya que al ser el único estudiante que participaba en el experimento su asesoría fue más personalizada. Cabe señalar que el rol de los profesores fue solo de guía y supervisor en la ejecución del experimento y no participó de manera activa en la programación del software.

Respecto a la Universidad Autónoma de Yucatán, los tres participantes son actualmente estudiantes de la carrera de Ingeniería en Computación de semestres intermedios, sin embargo los participantes ya contaban con conocimiento básico en el desarrollo de aplicaciones de software para dispositivos móviles usando J2ME. Por otra parte, se contaban con dos profesores que coordinaron a los estudiantes lo que permitió un seguimiento preciso de las actividades, en este caso las actividades se realizaron en un periodo intersemestral, lo que facilitó que los estudiantes le dedicaran tiempo a la capacitación en horarios de clase pero a distancia. Este grupo de estudiantes terminó la capacitación en un promedio de cuatro semanas, donde las lecciones de la capacitación las tomaron de manera libre, esto permitió que experimentaran en uso del CA-Mobile API en otros contextos diferentes al del experimento resultando en el uso del API en dos prototipos funcionales de videojuegos educativos para dispositivos móviles el área de Matemáticas, además del software que debían programar como ejercicio de la experimentación.

El tercer grupo fue el más numeroso, con siete estudiantes de semestres intermedios de la carrera de Licenciatura en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Chihuahua.

Este grupo concluyó la capacitación en un tiempo promedio de ocho semanas, sin embargo este tiempo resultó por dos cosas; la primera es que los participantes no tenían conocimientos previos de programación para dispositivos móviles y segunda, que la capacitación y experimentación se dio como parte de una materia de la currícula, cuyo curso incluyó una capacitación previa al experimento de programación de software móvil usando J2ME y posteriormente la capacitación del CA-Mobile API, lo que indica que las lecciones y tiempos designados para ejercicios y el proyecto final (usar el CA-Mobile API para implementar la comunicación en el software de la actividad “Producto de binomios”) se realizara de manera más escolarizada. Así que aunque les llevo más tiempo a los participantes concluir el experimento, les permitió tomar todo un curso de su formación en programación para dispositivos móviles usando además el CA-Mobile API. Este grupo de estudiantes fue coordinado por un solo profesor quien es el titular de la materia, así que el seguimiento de las actividades del curso del CA-Mobile API se empataron con los objetivos y evaluaciones del curso. Los resultados de éste experimento proveen evidencia de que el curso desarrollado para la capacitación en línea del CA-Mobile API puede ser utilizado en tres escenarios diferentes:

1. Presencial. En este caso, el estudiante de la Universidad Autónoma de Baja California completo su capacitación de forma presencial usando los materiales disponibles en la plataforma de cursos en línea y asesorado por el profesor responsable del experimento.
2. Semipresencial. En el caso del Instituto Tecnológico de Chihuahua una parte del curso la tomaron en clases donde asistían los estudiantes a revisión y evaluación de avances por parte del profesor de la materia, y otras lecciones y ejercicios las tomaban fuera de horarios de clase.
3. A Distancia. Aquí, los estudiantes tomaron la capacitación totalmente a distancia y solo iban con los profesores responsables a entregar evidencias de los avances y a asesoría respecto al proyecto final.

Esto deja entrever que el curso diseñado para la capacitación en línea además de ser una buena opción de entrenamiento para el CA-Mobile API, es flexible y puede ser utilizado bajo

diversos enfoques dependiendo de las características de los participantes. Por otra parte los siete estudiantes tuvieron oportunidad de experimentar como parte de las practicas de clase el uso del CA-Mobile API para crear otras aplicaciones en software que no necesariamente estaban orientadas a la educación, si no mas bien a videojuegos, lo que demuestra que el CA-Mobile API es lo suficientemente neutra como para usarla fuera del contexto del CA-Mobile Framework, que si bien se diseñó para este fin, las evidencias muestran que puede ser utilizado para otro tipo de aplicaciones en software.

Otro punto importante que se observó con esta experimentación fue el hecho de que programadores con poca experiencia (en algunos casos hasta menos de un año) en programación de software para dispositivos móviles y manejo de comunicaciones vía Bluetooth pudieron hacer uso del CA-Mobile API para complementar un software para una actividad educativa con un resultado similar al logrado por los programadores expertos en el uso del CA-Mobile API que participaron en el experimento número dos, por lo menos en lo que al uso del API se refiere, lo que hace pensar que el CA-Mobile API logra simplificar muchas de las tareas complejas de comunicación y coordinación que involucra el desarrollar software colaborativo para dispositivos móviles.

# Capítulo 6

## Conclusiones

En este trabajo de tesis se presentó el proceso de creación y articulación del CA-Mobile Framework para desarrollar actividades educativas basadas en el enfoque de Objetos Educativos Móviles (EMO) desde una perspectiva integral de los aspectos de diseño instruccional y de software, a través del uso de diferentes elementos del Framework agrupados en dos componentes principales; la Referencia Documental y el CA-Mobile API.

Este Framework proporciona apoyo a partir de su modelo de procesos tanto a profesores, diseñadores instruccionales y programadores en las tareas de diseño y desarrollo de actividades educativas colaborativas basadas en dispositivos móviles. Estas tareas están divididas en las diferentes etapas del modelo de procesos propuesto para aplicar el CA-Mobile Framework.

Los resultados de la evaluación del CA-Mobile Framework demuestran una valoración de utilidad alta por parte de los profesores y diseñadores instruccionales respecto a los formatos, guías de llenado y videos de referencia llamados también artefactos de la Referencia Documental. Por otra parte los resultados también demuestran que es posible seguir un modelo de procesos basado en etapas, para aplicar de manera satisfactoria el CA-Mobile Framework en el diseño y creación de actividades educativas con un enfoque integral de los aspectos educativos y tecnológicos a través de un trabajo conjunto entre profesor, diseñador instruccional y programador. Los resultados de las experimentaciones también demostraron que el CA-Mobile API es una herramienta tecnológica de utilidad con un grado aceptable de usabilidad y completitud, así como una arquitectura robusta y flexible que permite integrar

diferentes funcionalidades en software para la creación de aplicaciones de tipo colaborativo entre dispositivos móviles y en algunos casos con PC también.

## 6.1. Contribuciones y resultados

Las contribuciones de esta tesis presentan evidencia de que es posible caracterizar como marco de trabajo (CA-Mobile Framework en este caso) los aspectos importantes para el diseño de actividades educativas colaborativas basadas en dispositivos móviles a través del uso de la Referencia Documental y del CA-Mobile API, permitiendo que tanto los profesores, diseñadores instruccionales como programadores, tengan a su disposición un conjunto de especificaciones, formatos y guías que detallan las características de la actividad educativa y del software para dispositivos móviles que apoyará a la realización de la misma, acompañado de un guión didáctico que servirá como apoyo al profesor y estudiantes en cuanto a la realización de la actividad dentro o fuera del aula. Así mismo, el CA-Mobile Framework provee un conjunto de librerías que facilita la implementación de las características de colaboración y comunicación en software que son usadas por los programadores para desarrollar el software de apoyo a la actividad. Las diferentes contribuciones de este trabajo se pueden resumir en:

- El análisis los factores de importancia en el aprendizaje móvil y aprendizaje colaborativo que se ven inmersos en una actividad educativa con las siguientes características:
  - Grupal. Planteada para realizarse entre dos personas o más.
  - Co-localizada. Todos los elementos que intervienen en la actividad se encuentran en un mismo espacio físico, aunque puede ser abierto y de cobertura variable.
  - Guiada. Las actividades están diseñadas para que el profesor tome un papel activo dentro de la ejecución de las actividades.
  - Temporal. El CA-Mobile Framework propone que las actividades deben tener un periodo de tiempo específico para ser concluidas.
- La caracterización de los aspectos importantes que se deben considerar en una actividad

colaborativa basada en dispositivos móviles, eventualmente apoyados por computadoras donde dicha caracterización permitirá definir los aspectos que impactan a la actividad tanto en el diseño instruccional, como en el desarrollo del software.

- La elaboración de formatos y guías que permiten realizar el diseño de la actividad y definir los requerimientos funcionales que deberá cumplir el software, estos formatos ayudan a definir los roles de los participantes en la realización de la propia actividad, tareas, etapas y productos que se esperan como resultado de la ejecución de la misma.
- La construcción de un modelo de referencia llamado Objeto Educativo Móvil (EMO) que permite englobar los aspectos teóricos de las tres áreas del aprendizaje que convergen en el tipo de actividades planteadas en este trabajo: Aprendizaje móvil, Aprendizaje Colaborativo y Objetos de Aprendizaje. Dentro de este modelo se describen los fundamentos teóricos que sustentan este tipo de actividades.
- El diseño y desarrollo un conjunto de librerías (CA-Mobile API) para lenguaje Java que permite simplificar la implementación de las acciones de colaboración y comunicación necesarias para apoyar la realización de la actividad educativa a través del uso de dispositivos móviles, donde los aspectos funcionales que provee el API están asociados a cubrir los requerimientos funcionales especificados en el diseño instruccional de la actividad.
- La construcción de un modelo de procesos para implementar el CA-Mobile Framework en el cual se especifican los roles de los involucrados en el proceso de diseño y construcción de las actividades, así como sus responsabilidades, las etapas dentro del proceso con sus entradas y productos resultantes, así como la retroalimentación y validación del producto final: la actividad educativa, que incluye los guiones didácticos de apoyo al profesor y estudiante, así como el software para los dispositivos móviles y, si fuera el caso, para la PC.
- La evidencia de que es posible aplicar de forma simplificada, completa y reproducible el CA-Mobile Framework para crear actividades educativas colaborativas basadas en

dispositivos móviles, así como la eventual reutilización de los elementos que componen a este tipo de actividades tanto en diseño instruccional como en software.

Estos resultados permitieron comprobar que el uso del CA-Mobile Framework auxilia al diseño y desarrollo de actividades educativas colaborativas basadas en dispositivos móviles bajo un enfoque integral de los aspectos educativos y tecnológicos, siguiendo la ruta estructurada y delimitada que propone el modelo de procesos que aplica el CA-Mobile Framework. Este seguimiento se puede dar incluso desde diferentes perspectivas; un seguimiento a nivel etapa donde se asegura cada entrada y producto resultante en ella, un seguimiento a nivel rol y sus responsabilidades para asegurar que se cumplen a lo largo del proceso completo y un seguimiento a nivel producto final, donde se puede saber en todo momento en que nivel de avance se encuentra el desarrollo de la actividad. Esto permite que se pueda realizar una planificación de actividades dentro del proceso y una estimación del tiempo requerido para cada una de las etapas del modelo de procesos.

El CA-Mobile Framework ofrece en su totalidad diversos elementos para apoyar y guiar a los interesados en desarrollar actividades para aprendizaje móvil aún cuando dichas actividades no sigan el enfoque de los Objetos Educativos Móviles, ya que la neutralidad de los componentes del Framework permite su reutilización en contextos que no necesariamente sean colaborativos o en actividades presenciales. Este enfoque se tomó desde el inicio de la construcción del CA-Mobile Framework ya que al elegir un tipo de actividad grupal, localizada y temporal como el tipo de actividad al que se asociaría el Framework, se cubrían otros tipos de actividad que en su diseño y construcción pueden representar menor complejidad como en el caso de actividades educativas individuales, atemporales o a distancia, donde los mecanismos de coordinación, negociación y retroalimentación pueden o no estar mediados por la tecnología y dados en un esquema síncrono pasivo, como en el caso de blogs móviles, juegos educativos personales, simuladores y cuestionarios o encuestas individuales.

Otra característica importante del CA-Mobile Framework es que su enfoque principal está orientado a usar dispositivos móviles como teléfonos celulares de gama “media”, es decir, aquellos que tienen capacidades multimedia básicas como cámara, reproducción de medios y

Bluetooth. Este enfoque se adoptó con la finalidad de poder llevar a cabo las actividades educativas desarrolladas a partir del Framework en un aula de clase donde los dispositivos móviles utilizados fueran los mismos con los que ya contaban los propios estudiantes, aumentando así las posibilidades de recrear una misma actividad educativa en diferentes grupos donde los participantes cuenten con este tipo de dispositivos, los cuales son factibles de encontrar más comúnmente en el aula.

La presente investigación permitirá ofrecer una alternativa a la actual práctica de diseño de actividades educativas para aprendizaje móvil, que como se había discutido en el capítulo número dos, dicha practica presenta una tendencia hacia los aspectos educativos o a los tecnológicos, sin embargo la evaluación realizada del CA-Mobile Framework dio evidencia de que su uso auxilia a los profesores, diseñadores instruccionales y programadores para mantener un enfoque integral de estos aspectos durante el proceso completo del desarrollo de la actividad, lo que permite tomar ventaja de la integración de un equipo multidisciplinario de expertos quién, desde su perspectiva profesional, le aporta un valor agregado al producto final; la actividad educativa colaborativa basada en dispositivos móviles.

## 6.2. Trabajo Futuro

Finalmente, durante la realización de las diferentes etapas del presente trabajo se identificaron algunas posibles líneas de investigación acerca de los elementos del CA-Mobile Framework que no fueron abordados, pero que su exploración proporcionaría datos valiosos acerca de diferentes aspectos del Framework:

- Utilizar la Referencia Documental del CA-Mobile Framework en otros contextos fuera del aprendizaje móvil y diseñar otro tipo de actividades educativas que involucren el uso de TIC que no necesariamente incluyan dispositivos móviles. Esto permitiría comprobar la reusabilidad de este componente del CA-Mobile Framework para ajustarse a otros tipos de actividades.
- Evaluar el modelo de procesos con un grupo de producción de medios educativos di-

giales. Servirá para conocer el impacto en el grupo y tiempo de adopción del modelo de procesos como alternativa para diseñar y crear actividades educativas basadas en dispositivos móviles.

- Evaluar el impacto de la actividad completa en el aprendizaje de los estudiantes a partir de una serie de sesiones con diferentes grupos de estudiantes analizando su perfil antes y después de llevar a cabo la actividad, así como medir el nivel de aceptación de este tipo de actividades como una estrategia didáctica. Esto permitiría conocer el nivel de impacto en el proceso de aprendizaje de las actividades basadas en el enfoque de los Objetos Educativos Móviles, validando tanto el modelo EMO en sí y evaluar los resultados tomando en cuenta un análisis de costo-beneficio respecto a una actividad basada en dispositivos móviles y alguna otra estrategia didáctica para alcanzar el mismo objetivo educativo.
- Construir versiones del CA-Mobile API para otras plataformas móviles, lo que permitirá validar que la arquitectura interna del CA-Mobile API y sus características son independientes de la plataforma y lenguaje, lo que le agregaría al CA-Mobile Framework un ciclo de vida mas largo. Así mismo, se podría evaluar la relación que tienen los componentes de software con la Referencia Documental y ver si se mantienen aún cuando el CA-Mobile API esta asociado a otra arquitectura o plataforma.
- Realizar diferentes pruebas de estrés y rendimiento del CA-Mobile API. Esto permitirá conocer el rendimiento y la tolerancia de errores del CA-Mobile API comparado con las implementaciones realizadas por los programadores sin usar mas que las librerías y mecanismos estándar que provee el lenguaje Java, buscando alguna diferencia significativa respecto a los procesos y funciones internas del CA-Mobile API.

Estos trabajos futuros ofrecerán la posibilidad de mejorar y extender el ciclo de vida el CA-Mobile Framework, así como realizar cambios significativos en él con la finalidad de cubrir y mejorar otros aspectos que están fuera del ámbito de esta tesis.

Anexo A:  
Documentos de la Referencia Documental



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL BAJA CALIFORNIA

## INSTITUTO DE INGENIERÍA

Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería área de computación

### Descripción de la actividad

Actividad:

Fecha:

Autor:

Versión:

Descripción:	
Objetivo educativo:	
Habilidades fomentadas:	
Audiencia:	
Requerimientos:	
Tiempo estimado:	
Desarrollo:	
Roles:	
Producto entregable:	
Material por equipo:	



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL BAJA CALIFORNIA

## INSTITUTO DE INGENIERÍA

Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería área de computación

### Guía para el llenado del formato "Descripción de la actividad"

El presente documento tiene como finalidad el apoyar al proceso de llenado del formato y cada uno de los campos definiendo lo que se espera de información en cada uno de ellos. Se recomienda detallar las tareas y procesos de la manera mas clara posible y en tercera persona.

Campo	Descripción
<b>Actividad</b>	Se refiere al nombre que se proporcionará a la actividad completa. Se recomienda usar frases cortas, Ej. "El paso del gato" o "Jugando Quince".
<b>Fecha</b>	Determina la fecha en que se creo la descripción para referencias de la actividad y su fecha de creación.
<b>Autor</b>	Se refiere a el o los autores que elaboraron la descripción de la actividad. Puede incluir ademas de nombres, instituciones o grupos de trabajo.
<b>Versión</b>	Especifica el número de versión de la actividad, tomando en cuenta que una actividad puede tener diferentes versiones, se recomienda usar números arábigos para determinar el valor, Ej. "0.1" o "2.1".
<b>Descripción</b>	Se refiere a la descripción en términos generales de "en que" consiste la actividad sin detallar conceptos del uso de tecnología (los cuales se detallan en el campo desarrollo). Ej. "Se llevará a los alumnos a recorrer las zonas históricas de la ciudad, relacionando así la historia y su ciudad, y a la vez se pretende que relacionen la arquitectura externa e interna de los edificios históricos con la geometría. La visita sería llevada a cabo por los profesores de Conocimiento del Medio y Matemáticas. Los/as alumnos/as deberán fotografiar con su teléfono celular al menos tres figuras geométricas que encuentren en la decoración y arquitectura externa o interna de los edificios que vean para elaborar posteriormente una monografía." Ej. "se mostrará a los participantes una relación digital de imágenes y nombres. Ellos/as tendrán que asociar dichas imágenes con las figuras geométricas que les corresponden."
<b>Objetivo educativo/didáctico</b>	Establece lo que el alumno adquirirá/desarrollará como aprendizaje al finalizar la actividad, así como la relación de lo aprendido con otros temas o áreas. Ej. "Desarrollar la capacidad de describir con palabras un objeto observado." Ej. "Aplicar el uso de la tecnología para la realización de una tarea en equipo". Ej. "Participar de forma colaborativa en una actividad grupal asumiendo un rol específico". Ej. "Aplicar comunicación, negociación y coordinación para la realización de una tarea común."
<b>Habilidades fomentadas</b>	Este campo es usado para describir las habilidades que se practican, usan y/o desarrollan los participantes al llevar a cabo la actividad. Es recomendable definir las de forma clara y concisa. Ej. "Trabajo en equipo". Ej. "Comunicación y negociación". Ej. "Uso de internet". Ej. "Habilidad motriz".
<b>Audiencia</b>	Define el foro al que estará destinada la actividad, puede describirse por grado escolar, por edad, género u otro tipo de agrupación. Ej. "Estudiantes de 7 a 10 años" Ej. "Mujeres del 1er. Año de bachiller" Ej. "Alumnos universitarios de la carrera de ciencias de la salud".

<b>Requerimientos</b>	<p>Este apartado permite describir las necesidades materiales y/o de organización “previas” a la ejecución de la actividad. Se describen tanto procesos de coordinación así como requerimientos especiales tanto del espacio físico donde se llevará a cabo la actividad, así como el equipamiento necesario para ello.</p> <p>Ej. “Un espacio físico con 5 mesas y 20 sillas”</p> <p>Ej. “Los participantes deberán estar agrupados por equipos de 4 personas”</p> <p>Ej. “Un espacio con conexión a internet inalámbrica (Wi-Fi)”</p> <p>Ej. “Un dispositivo móvil por equipo de participantes”.</p>
<b>Tiempo estimado</b>	<p>Especifica la duración temporal de la actividad y puede ser expresada mediante medidas de tiempo.</p> <p>Ej. “30-45 minutos”.</p> <p>Ej. “Cuatro sesiones presenciales”.</p> <p>Ej. “Una vez por periodo departamental”.</p>
<b>Desarrollo</b>	<p>Este apartado esta destinado a describir en forma textual el proceso de ejecución de la actividad, puede ser de forma “narrativa” y “episódica”. Los detalles que debe contener el desarrollo de la actividad puede incluir los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Roles dentro de la actividad. Ej. Guía, Reportero, Vocero, Camarógrafo.</li> <li>• Equipamiento. Ej. Computadora, libros, vestimenta, teléfono celular.</li> <li>• Espacios. Ej. Puente colgante, sala de diversiones, biblioteca, parque.</li> <li>• Tiempo. Ej. Durante 3 minutos, a lo largo de la visita.</li> <li>• Responsabilidades de cada rol. Ej. El guía recomendará sitios para fotografiar. Ej. El líder del equipo leerá en voz alta la conclusión final. Ej. El reportero enviará la noticia corta en un mensaje de texto usando su teléfono celular.</li> </ul>
<b>Roles</b>	<p>Permite describir el nombre de los roles involucrados en la actividad, tomando en cuenta que en una actividad pueden existir diferentes roles, si la actividad no define algún nombre específico para los roles, se podrá usar el rol “profesor” y “alumno” siempre y cuando se describan sus respectivas responsabilidades y/o tareas.</p> <p>Ej. Camarógrafo, Guía, Líder de equipo, Vocero, Detective.</p>
<b>Producto entregable</b>	<p>Especifica que se debe obtener como evidencia y resultado de la ejecución de la actividad. Puede ser el resultado de alguna(s) tarea específica de la actividad o trabajo final de la misma. En caso de que el resultado de la actividad no sea algo tangible (en el caso de actividades sociales o de retroalimentación) podrán incluir como evidencias fotografías o videos de las interacciones.</p>
<b>Material por equipo</b>	<p>Determina de manera más específica el material necesario por equipo o participante de forma cuantitativa.</p> <p>Ej. Una computadora con conexión a internet.</p> <p>Ej. Un juego de dados.</p> <p>Ej. Catalogo de estampillas.</p> <p>Ej. Teléfono celular con cámara fotográfica.</p>



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL BAJA CALIFORNIA INSTITUTO DE INGENIERÍA

Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería área de computación

## Caso de uso

Actividad:

Fecha:

Autor:

Versión:

Id Caso de Uso:		Nombre:	
Objetivo en Contexto (Resumen):			
Actores Participantes			
Entradas			
Salidas			
Pre-Condiciones		<u>Humanas</u>  <u>Técnicas</u>  <u>Logística</u>	
Post-Condiciones		Condición final de éxito:	
		Condición final de fallo:	

Flujo básico de éxito					
No.		No.		No.	

Variaciones (Caminos Alternativos):	
Extensiones	
Casos de uso asociados:	



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL BAJA CALIFORNIA

## INSTITUTO DE INGENIERÍA

Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería área de computación

### Guía para el llenado del formato "Caso de uso"

Campo	Descripción
<b>Actividad</b>	Se refiere al nombre que se proporcionará a la actividad completa. Se recomienda usar frases cortas, Ej. "El paso del gato" o "Jugando Quince".
<b>Fecha</b>	Determina la fecha en que se creó la descripción para referencias de la actividad.
<b>Autor</b>	Se refiere a el o los autores que elaboraron la descripción de la actividad. Puede incluir además de nombres, instituciones o grupos de trabajo.
<b>Versión</b>	Especifica el número de versión de la actividad, tomando en cuenta que una actividad puede tener diferentes versiones, se recomienda usar números arábigos para determinar el valor, Ej. "0.1" o "2.1".
<b>Id Casos de Uso:</b>	Además de ser un identificador para el documento especifica el orden de los procesos en términos de ocurrencia dentro de un a actividad. Se recomienda colocar el prefijo "CU" (caso de uso) seguido de un valor numérico que refleje su posición en la traza de eventos de la actividad. Ej. Si se identificó que una actividad cuenta con 4 casos de uso (procesos) el identificador para cada uno será como sigue, CU-1, CU-2, CU-3 y CU-4.
<b>Nombre</b>	Se refiere al nombre que se proporcionará a un caso de uso de la actividad (proceso). Este debe reflejar en concreto el objetivo a alcanzar describiendolo en un frase corta. Ej. "Organización de equipos" . Ej. "Entregar material"
<b>Objetivo en Contexto</b>	Describe el objetivo específico y/o valor que tiene la realización de este proceso para la actividad total. Ej. La designación de los roles del "explorador" y el "editor" entre los miembros del equipo Ej. El participante asumirá el rol de jugador usando el teléfono celular como medio de interacción.
<b>Actores Participantes</b>	Especifica la lista de personas y/o equipamiento necesario para la ejecución de la actividad. Los equipos como computadoras y teléfonos celulares se incluyen como actores participantes en la actividad. Ej. Estudiante, Profesor, PC Desktop , Teléfono celular.
<b>Entradas</b>	Especifica la lista de recursos necesarios para llevar a cabo el proceso (caso de uso). Ej. Para designar los roles en un equipo se debe contar con la actividad, que define a los roles y a los integrantes quienes desempeñan las tareas asociadas a los roles. Ej. Para la elaboración de un collage es necesario contar con las figuras, pegamento y un lienzo.
<b>Salidas</b>	Productos que se obtienen al finalizar el caso de uso (proceso). Ej. Durante el proceso (caso de uso) conversación por mensajero electrónico (chat), se envían un sin número mensajes entre los participantes para mantener una charla. Estos mensajes se consideran salidas. Ej. Los participantes cuentan con una colección de fotografías para seleccionar algunas e incluirlas en su trabajo final.
<b>Pre-Condiciones</b>	Especifica una lista de estados y/o requerimientos necesarios para llevar a cabo la actividad. Y se dividen en Humanas, Técnicas y de Organización.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humanas: Especifica habilidades, conocimientos y destrezas que los participantes deben tener para llevar a cabo de manera satisfactoria la actividad. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ej. Los participantes deberán tener experiencia en el uso de algún navegador de internet.</li> <li>○ Ej. El participante deberá tener conocimientos de aritmética básica</li> </ul> </li> <li>• Técnicas: Especifica el estado en el que deben encontrarse los recursos tecnológicos que serán empleados durante la actividad. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ej. La computadora deberá estar ejecutando un navegador de internet</li> <li>○ Ej. El celular deberá tener activado el bluetooth</li> </ul> </li> <li>• Organización: Especifica la logística de la actividad en términos de roles y administración de recursos materiales. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ej. Haber asignado a los integrantes de cada equipo</li> <li>○ Ej. Haber entregado el material necesario para realizar la actividad</li> </ul> </li> </ul>
<b>Post-Condiciones</b>	Especifica el estado resultante de la actividad tras la ejecución del caso de uso (proceso). Ej. El participante habrá ejercitado su destreza numérica y su habilidad con el uso de la computadora.
<b>Flujo básico de éxito</b>	Este campo describe a manera de guión narrativo las acciones, hechos y tareas que suceden mientras se lleva a cabo este proceso. Es conveniente describir en columnas separadas las acciones de cada actor indicando con numero la secuencia en que van sucediendo eventos, se incluye las acciones de interacción por parte de la computadora o el dispositivo móvil como un actor mas, de manera que, por ejemplo, si la actividad tiene definido dos roles y usaran computadora y teléfono celular, entonces el flujo básico deberá contener cuatro columnas, una para cada rol y una para cada dispositivo (PC y Teléfono). Así mismo se recomienda dar el máximo detalle posible a fin de que los sucesos representen los detalles de la realidad al ejecutar el proceso, ya que servirá posteriormente como guión didáctico. Además se incluyen como sucesos las interacciones de los roles con los actores como computadoras o dispositivos móviles (selección de alguna opción o menú, presionar botones, escribir en algún campo en la pantalla, etc.), así como las respuestas a estas interacciones (mensajes, avisos, visualizaciones, etc.) a fin de describir lo que ocurre después de cada acción hasta completar el caso de uso (proceso) en cuestión.
<b>Variaciones (Caminos Alternativos):</b>	Describe lo que puede ocurrir en la ejecución del caso de uso y que no está contemplado en el flujo básico de éxito. No se describe la solución pero sí el hecho que puede ocurrir, el cual servirá como referencia al momento de la ejecución de la actividad. Ej. Los participantes no completaron las tareas designadas en el tiempo estipulado. Ej. No se encontraron todas las figuras que se solicitaron.
<b>Extensiones</b>	Determina las cosas que se pueden modificar a fin de alcanzar el éxito del caso de uso siempre y cuando no afecte a la sucesión de eventos del flujo básico. Ej. El tiempo para la recolección de fotografías se puede extender en cinco minutos más. Ej. Se considera tarea completada si los participantes completan al menos el 75% del caso de uso (proceso).
<b>Casos de uso asociados:</b>	Determina los otros casos de uso con los que se relaciona este documento. Entendiendo por relación que es posible que: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La conclusión de un caso de uso (proceso) puede ser la pre-condición de otro.</li> <li>• Una de las salidas de un caso de uso (proceso) sea una entrada para otro.</li> </ul>





# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL BAJA CALIFORNIA

## INSTITUTO DE INGENIERÍA

Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería área de computación

### Características del CA-Mobile API

Funcionalidad	Descripción	Palabras asociadas para diseño instruccional
<b>Presentación de contenidos textuales</b>	Provee los mecanismos necesarios para presentar texto a pantalla completa en el dispositivo móvil, y en un área de texto en el caso de la PC Desktop.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mostrar texto</li> <li>Presentar texto</li> <li>Desplegar texto</li> <li>Visualizar texto</li> </ul>
<b>Presentación de opciones en forma de menús</b>	Provee elementos en forma de menús para seleccionar diferentes opciones a pantalla completa en el dispositivo móvil.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desplegar opciones</li> <li>Mostrar opciones</li> <li>Seleccionar opciones</li> </ul>
<b>Notificación de mensajes</b>	Permite crear alertas visuales y auditivas para un mensaje entrante en el dispositivo móvil y en la PC Desktop.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avisar llegada de mensaje</li> <li>Notificar mensajes</li> <li>Alertar mensajes</li> </ul>
<b>Visualización de mensajes</b>	Provee los elementos necesarios para visualizar el cuerpo de un mensaje entrante en el dispositivo móvil y en la PC Desktop.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mostrar mensaje</li> <li>Visualizar mensaje</li> <li>Desplegar mensaje</li> <li>Leer mensaje</li> </ul>
<b>Historial de charla</b>	Provee los elementos necesarios para visualizar un historial de mensajes (charla) en el dispositivo móvil y en la PC Desktop.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar mensajes</li> <li>Historial de mensajes</li> <li>Historial de charla</li> </ul>
<b>Envío de mensajes</b>	Provee los elementos necesarios para envío de mensajes en el dispositivo móvil y/o la PC Desktop.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enviar mensaje</li> <li>Mandar mensaje</li> <li>Intercambiar mensajes</li> </ul>
<b>Visualización de imágenes</b>	Provee diferentes elementos para visualizar imágenes a pantalla completa (en caso del dispositivo móvil) y en forma de galería (en móvil y en la PC Desktop).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desplegar imagen</li> <li>Mostrar imagen</li> <li>Visualizar imagen</li> </ul>
<b>Presentación y selección de elementos gráficos en pantalla</b>	Provee mecanismos para presentar opciones a través de elementos gráficos en pantalla en forma de rejilla o galería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elegir imagen</li> <li>Seleccionar imagen</li> </ul>
<b>Toma de fotografías</b>	Provee los mecanismos necesarios para manipular la cámara integrada en el dispositivo móvil.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tomar fotografía</li> </ul>
<b>Formularios de captura de datos</b>	Permite crear pantallas de captura de datos con controles básicos de edición: Cajas de texto, botones de selección, botones de opción y botones de comando, así como listas de selección en el dispositivo móvil.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introducir datos</li> <li>Capturar datos</li> <li>Llenar información</li> </ul>
<b>Control de turno y piso</b>	Permite organizar y agrupar eventos y las interacciones de los usuarios en la sesión de trabajo de forma síncrona y asíncrona sobre los recursos compartidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sincronizar tareas</li> <li>Manejar turnos</li> <li>Controlar turnos</li> </ul>
<b>Control de sesión</b>	Proporciona los mecanismos necesarios para controlar el inicio de sesión del estudiante a través del dispositivo móvil y/o en la PC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar sesión (login)</li> <li>Entrar al sistema (login)</li> <li>Cerrar sesión (logout)</li> </ul>

	Desktop.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salir del sistema (logout)</li> </ul>
<b>Comunicación móvil-móvil</b>	Permite establecer un canal de comunicación de datos bi-direccional asíncrono entre dispositivos móviles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer comunicación</li> <li>• Emparejar equipos</li> <li>• Realizar conexión</li> </ul>
<b>Comunicación móvil-PC</b>	Permite establecer un canal de comunicación de datos bi-direccional asíncrono entre un dispositivo móvil y una PC Desktop.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicar móvil y PC Desktop</li> <li>• Emparejar equipos</li> <li>• Realizar conexión entre móvil y PC Desktop</li> </ul>





# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL BAJA CALIFORNIA

## INSTITUTO DE INGENIERÍA

Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería área de computación

### Guía de llenado "Guión Didáctico"

El presente documento tiene como finalidad el apoyar al proceso de llenado del formato y cada uno de los campos definiendo lo que se espera de información en cada uno de ellos. Esta información puede ser extraída y/o complementada de los formatos de Descripción de la actividad y de los Casos de uso.

Campo	Descripción
<b>Actividad</b>	Se refiere al nombre que se proporcionará a la actividad completa. Se recomienda usar frases cortas, Ej. "El paso del gato" o "Jugando Quince".
<b>Fecha</b>	Determina la fecha en que se creo la descripción para referencias de la actividad y su fecha de creación.
<b>Autor</b>	Se refiere a el o los autores que elaboraron la descripción de la actividad. Puede incluir además de nombres, instituciones o grupos de trabajo.
<b>Versión</b>	Especifica el número de versión de la actividad, tomando en cuenta que una actividad puede tener diferentes versiones, se recomienda usar números arábigos para determinar el valor, Ej. "0.1" o "2.1".
<b>Descripción</b>	Se refiere a la descripción en términos generales de "en que" consiste la actividad sin detallar conceptos del uso de tecnología (los cuales se detallan en el campo desarrollo). Ej. "Se llevará a los alumnos a recorrer las zonas históricas de la ciudad, relacionando así la historia y su ciudad, y a la vez se pretende que relacionen la arquitectura externa e interna de los edificios históricos con la geometría. La visita sería llevada a cabo por los profesores de Conocimiento del Medio y Matemáticas. Los/as alumnos/as deberán fotografiar con su teléfono celular al menos tres figuras geométricas que encuentren en la decoración y arquitectura externa o interna de los edificios que vean para elaborar posteriormente una monografía." Ej. "se mostrará a los participantes una relación digital de imágenes y nombres. Ellos/as tendrán que asociar dichas imágenes con las figuras geométricas que les corresponden."
<b>Actores Participantes</b>	Especifica la lista de personas y/o equipamiento necesario para la ejecución de la actividad. Los equipos como computadoras y teléfonos celulares se incluyen como actores participantes en la actividad. Ej. Estudiante, Profesor, PC Desktop, Teléfono celular.
<b>Tiempo estimado</b>	Especifica la lista de personas y/o equipamiento necesario para la ejecución de la actividad. Los equipos como computadoras y teléfonos celulares se incluyen como actores participantes en la actividad. Ej. Estudiante, Profesor, PC Desktop, Teléfono celular.
<b>Indicaciones adicionales</b>	Este campo especifica aquellas consideraciones o puntos importantes que el profesor o el estudiante debe tomar en cuenta con especial atención para la realización satisfactoria de la actividad. Pueden ser vistos como tips o recomendaciones que apoyan a ciertas partes de la actividad. Ej. "Si los estudiantes repiten un ejercicio por mas de dos veces, sería recomendable una intervención del profesor". Ej. "Si los estudiantes han agotado el 70% del tiempo en el paso No. 3 de la actividad, el profesor puede sugerir pasar al siguiente paso, proporcionándoles el material necesario para continuar".
<b>Orden</b>	Este dato es usado para conocer la secuencia en la que se deben realizar las tareas asociadas a la actividad. Representa una secuencia Ordenada. Ej. 1,2,3. Ej. A, B, C.

<b>Actor/Rol</b>	Especifica el nombre del rol participante en la tarea que se debe realizar. (Esta información es extraída de los casos de uso.)
<b>Tarea</b>	Nombre de la tarea que el actor/rol deberá completar. (Esta información es extraída de los casos de uso.)
<b>Descripción</b>	Este campo presenta una descripción textual que refleja lo que se debe realizar para completar dicha tarea. (Esta información es extraída de los casos de uso.)
<b>Tiempo</b>	Especifica el tiempo estimado para realizar una tarea en especial. La suma de los tiempos de todas las tareas debe ser igual al tiempo estimado de toda la actividad.
<b>Observaciones</b>	Este es un campo abierto, donde el profesor o el estudiante puede anotar alguna observación relevante durante la ejecución de la actividad, esto permite una retroalimentación a la ejecución de la actividad que eventualmente puede ser incluida para mejorar la actividad.





# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL BAJA CALIFORNIA

## INSTITUTO DE INGENIERÍA

Programa de Doctorado en Ciencias e Ingeniería área de computación

### Guía de Evaluación funcional de la actividad

El presente documento tiene como finalidad apoyar la verificación funcional de la actividad, que revisa el cumplimiento de todos los requerimientos funcionales en la actividad.

Campo	Descripción
<b>Actividad</b>	Se refiere al nombre que se proporcionará a la actividad completa. Se recomienda usar frases cortas, Ej. "El paso del gato" o "Jugando Quince".
<b>Fecha</b>	Determina la fecha en que se creo la descripción para referencias de la actividad y su fecha de creación.
<b>Evaluador(es)</b>	Se refiere a el o los evaluadores que realizar la verificación del cumplimiento de todos los requerimientos funcionales estipulados en la etapa de diseño de la actividad.
<b>Versión</b>	Especifica el número de versión de la actividad que se está evaluando.
<b>Requerimiento funcional</b>	Se refiere al requerimiento funcional que será verificado, estos requerimientos son extraídos de los casos de uso.
<b>Elemento de la actividad que lo cubre</b>	Especifica cual o cuales elementos de la actividad (software o documentación) cubren total o parcialmente un requerimiento funcional. Es importante recalcar que algunos de estos requerimientos no son mediados por la tecnología, pero son cubiertos por interacciones humanas. Ej. La coordinación del grupo. Ej. La formación de equipos.
<b>Observaciones</b>	Es un campo abierto donde el evaluador(es) pueden anotar algunos aspectos relevantes respecto a un requerimiento funcional y la forma de cómo fue cubierto.
<b>Nivel de completitud</b>	Es un valor que el evaluador(es) otorga al nivel que desde su perspectiva se encuentra cubierto un requerimiento funcional, los valores posibles son: Total, Parcial y Nulo. Es posible que si un requerimiento funcional fue evaluado con un nivel parcial o nulo, se requiera modificar aquellos elementos de la actividad que lo involucren, para cubrirlo preferentemente en su totalidad.

# Glosario

**Actividad Educativa** Conjunto de tareas y procesos que intervienen en la generación de una experiencia de aprendizaje, donde intervienen el estudiante, el profesor y el sujeto de estudio inmersos en el mismo ambiente de aprendizaje.

**API** Librería de funciones para un lenguaje de programación en específico, son las siglas de (Application Programming Interface).

**Bluetooth** Protocolo de comunicación inalámbrica utilizada comúnmente en dispositivos móviles para transferir datos en radios que van desde los 10 mts. hasta los 100 mts. con línea de vista.

**CSCL** Es el aprendizaje colaborativo asistido por computadora (Computer Supported Collaborative Learning).

**Diseño Instruccional** Proceso sistemático, planificado y estructurado, que se apoya en una orientación psicopedagógica del aprendizaje para producir con calidad, una amplia variedad de materiales educativos (unidades didácticas) adecuados a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes.

**Dispositivo Móvil** Se conoce así a la mayoría de las micro-computadoras portátiles de mano que incluyen un medio de entrada, un medio de salida y un medio de comunicación mezclados en el mismo dispositivo.

**Modelo de procesos** Es un modelo que define un conjunto de procesos incluyendo las tareas, roles y responsabilidades dentro de cada uno para realizar una determinada actividad.

**M-Learning** Nombre en ingles para referirse al modelo de aprendizaje móvil.

**PDA** Es un asistente personal digital (Personal Digital Assistant) que por sus siglas en ingles se conoce como PDA, el cual es un dispositivo que provee funciones generales de agenda personal, micro-ofimática y navegación web móvil.

**Objeto Aprendizaje** Es una unidad digital de contenido educativo lista para su uso y reutilización en múltiples contextos de aprendizaje. MM Smartphone Dispositivo móvil que mezcla las características de un teléfono celular y las capacidades de un asistente personal digital (PDA).

# Bibliografía

- Alexander, C. (1999). The origins of pattern theory: the future of the theory, and the generation of a living world. *Software, IEEE DOI - 10.1109/52.795104*, 16(5), 71–82.
- Ally, M. (2004). Using learning theories to design instruction for mobile learning devices.
- Ally, M., Lin, F., McGreal, R., Woo, B., & Li, Q. (2005). An intelligent agent for adapting and delivering electronic course materials to mobile learners. *Mobile Technology: The future of learning in your hands*, (pp. 1–5).
- Attewell, J. (2005). Mobile technologies and learning. *London: Learning and Skills Development Agency*.
- Barker, A., Krull, G., & Mallinson, B. (2005). A proposed theoretical model for m-learning adoption in developing countries. *4th World Conference of M-Learning*.
- Cao, Y., Tin, T., McGreal, R., Ally, M., & Coffey, S. (2006). The athabasca university mobile library project: increasing the boundaries of anytime and anywhere learning for students. *Proceedings of the 2006 international conference on Wireless communications and mobile computing*, (pp. 1289–1294).
- Castellanos, N. & Sánchez, J. (2003). Pops: mobile access to digital library resources. *Proceedings of the 3rd ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries*, (pp. 184–185).
- Chen, I., Yang, S., & Shao, N. (2004a). Applying multi-sensory learning model with mobile handheld devices to pervasive learning. *Wireless and Mobile Technologies in Education, IEEE International Workshop on*.

- Chen, Y.-S., Kao, T.-C., Yu, G.-J., & Sheu, J.-P. (2004b). A mobile butterfly-watching learning system for supporting independent learning. *Wireless and Mobile Technologies in Education, 2004. Proceedings. The 2nd IEEE International Workshop on DOI - 10.1109/WMTTE.2004.1281327*, (pp. 11– 18).
- Choi, M. (2006). Communities of practice: an alternative learning model for knowledge creation. *British Journal of Educational Technology*, 37(1), 143–146.
- Davidyuk, O., Riekkki, J., Rautio, V., & Sun, J. (2004). Context-aware middleware for mobile multimedia applications. *Proceedings of the 3rd international conference on Mobile and ubiquitous multimedia*, (pp. 213–220).
- Douglas, I. (2002). Instructional design based on reusable learning objects: Applying lessons of object-oriented software engineering to learning systems design. *Frontiers in Education Conference, 2001. 31st Annual*, 3, F4E.
- Dufresne, R., Gerace, W., Leonard, W., Mestre, J., & Wenk, L. (1996). Classtalk: A classroom communication system for active learning. *Journal of Computing in Higher Education*, 7(2), 3–47.
- Facer, K., Joiner, R., Stanton, D., Reid, J., Hull, R., & Kirk, D. (2004). Savannah: mobile gaming and learning? *Journal of Computer Assisted Learning*, 20(6), 399–409.
- Foix, C. & Zavando, S. (2002). Estándares e-learning. *Estado del arte*.
- Guzdial, M., Kafai, Y., Carroll, J., Fischer, G., Schank, R., & Soloway, E. (1995). Learner-centered system design: Hci perspective for the future. *Proceedings of the 1st conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, & techniques*, (pp. 143–147).
- Holzinger, Nischelwitzer, A., & Meisenberger, M. (2005). Mobile phones as a challenge for m-learning: examples for mobile interactive learning objects (milos). *Pervasive Computing and Communications Workshops, 2005. PerCom 2005 Workshops. Third IEEE International Conference on*, (pp. 307 – 311).

- Hu, B. & Moore, P. (2006). Context modelling to support location based cooperative mobile learning. *Computer Supported Cooperative Work in Design, 2006. CSCWD'06. 10th International Conference on*, (pp. 1–5).
- Ibanez, A., Correa, J. M., & Asensio, M. (2009). Mobile learning: Aprendiendo historia con mi teléfono, mi gps y mi pda. *Universidad Autónoma de Madrid*, (pp. 1–21).
- Ioannidis, J. & Jr, G. M. (1993). The design and implementation of a mobile internetworking architecture. *Proceedings of the Winter USENIX Technical Conference*, (pp. 489–500).
- Johnson, R. E. (1997). Frameworks= (components+patterns). *Communications of the ACM*, 40(10), 39–42.
- Juniu, S. (2003). Implementing wireless technology in the classroom: the ipaq project. *College Planning and Management*, 6(10), 38–40.
- Klopfer, E., Squire, K., & Jenkins, H. (2002). Environmental detectives: Pdas as a window into a virtual simulated world. *Wireless and Mobile Technologies in Education, 2002. Proceedings. IEEE International Workshop on DOI - 10.1109/WMTE.2002.1039227*, (pp. 95– 98).
- Lai, C. & Wu, C. (2006). Using handhelds in a jigsaw cooperative learning environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(4), 284–297.
- Laroussi, M. (2004). New e-learning services based on mobile and ubiquitous computing: Ubi-learn project. *International Conference on Computer Aided Learning in Enenginerring Education. Retrieved on January*, 13.
- Lemlouma, T. & Layaïda, N. (2003). Adapted content delivery for different contexts. *2003 Symposium on Applications and the Internet, 2003. Proceedings*, (pp. 190–197).
- Lipponen, L. (2002). Exploring foundations for computer-supported collaborative learning. *Proceedings of the Conference on Computer Support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL Community*, (pp. 72–81).

- López-Morteo, G. & López, G. (2007). Computer support for learning mathematics: A learning environment based on recreational learning objects. *Computers & Education*, 48(4), 618–641.
- Martínez, M. (2006). Propuesta de aplicación de modelos de decisión y optimización en un sistema tutorial inteligente para el aprendizaje de las matemáticas. *VII Simposio de Educacion Matematica: Proceedings*, (pp. 1–10).
- McGreal, R. (2004). Learning objects: A practical definition. *INSTRUCTIONAL TECHNOLOGY*, (pp.21).
- Merrill, M. D., Li, Z., & Jones, M. K. (1991). Second generation instructional design (id2 ). *Educational Technology*, 1(30), 7–14.
- Morales, R. & Agüera, A. (2002). Capacitación basada en objetos reusables de aprendizaje. *Boletín IIE, enero-febrero del 2002*, 12.
- Motiwalla, L. (2005). Speech-enabled mobile learning application. *Wireless Telecommunications Symposium, 2005*, (pp. 1–8).
- Naguib, H., Coulouris, G., & Mitchell, S. (2002). Middleware support for context-aware multimedia applications. *New Developments in Distributed Applications and Interoperable Systems*, (pp. 9–22).
- Naismith, L., Lonsdale, P., Vavoula, G., & Sharples, M. (2004). Literature review in mobile technologies and learning. *FutureLab Report*, 11.
- Nathan, M. & Robinson, C. (2001). Considerations of learning and learning research: Revisiting the "media effects" debate. *Journal of Interactive Learning Research*, 12(1), 69–88.
- O'Connell, M. & Smith, J. (2007). A guide to working with m-learning standards. *Australian Flexible Learning Framework*.
- Patten, B., Sánchez, I. A., & Tangney, B. (2006). Designing collaborative, constructionist and contextual applications for handheld devices. *Computers & Education*, 46(3), 294–308.

- Perry, D. (2003). Handheld computers (pdas) in schools: Report, march 2003. *Becta ICT Research*, (pp.28).
- Quinn, C. (2000). mlearning: Mobile, wireless, in-your-pocket learning. *Line Zine*, (pp. 1–4).
- Quinn, C. N. (2002). Flexible learning: Mobile learning objects. *Knowledge Anywhere: White Paper*, (pp. 1–7).
- Ragus, M., Meredith, S., Dacey, D., Richter, C., Paterson, A., & Hayes, A. (2005). The australian mobile learning network: Australian innovations. *mLearn 2005: 4th World conference on mLearning*, (pp. 1–21).
- Rieger, R. & Gay, G. (1997). Using mobile computing to enhance field study. *Proceedings of the 2nd international conference on Computer support for collaborative learning*, (pp. 218–226).
- Roschelle, J., Rosas, R., & Nussbaum, M. (2005). Towards a design framework for mobile computer-supported collaborative learning. *Proceedings of th 2005 conference on Computer support for collaborative learning: learning 2005: the next 10 years!*, (pp. 524).
- Sariola, J., Sampson, J. P., Vuorinen, R., & Kynaslahti, H. (2001). Promoting mlearning by the uniwap project within higher educatio. *University of Helsinki*, (pp. 1–3).
- Sims, R. (2006). Beyond instructional design: Making learning design a reality. *Journal of Learning Design*, 1(2), 1–7.
- Tan, K. & Goh, H. (2006). Development of a mobile spreadsheet-based pid control simulation system. *Education, IEEE Transactions on*, 49(2), 199–207.
- Tan, T. & Liu, T. (2004). The mobile-based interactive learning environment (mobile) and a case study for assisting elementary school english learning. *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04)*.
- Taylor, J., Bo, G., & Bernazzani, R. (2005). Best practices for instructional design and concent development for mobile learning. *MobiLearn*, (pp. 1–34).

- Ting, R. (2007). The advanced mobile learning practices: Learning features and implications. *Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2007. ICALT 2007*, (pp. 718–720).
- Totkov, G. (2003). Virtual learning environments: Towards new generation. *International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech'2003*, (pp. 1–9).
- Vahey, P. & Crawford, V. (2002). Palm education pioneers program: Final evaluation report. *SRI International*, (pp. 1–82).
- Vavoula, G. (2005). A study of mobile learning practices. *MobiLearn*, (pp. 1–20).
- Vérillon, P. (2000). Revisiting piaget and vigotsky: In search of a learning model for technology education. *the Journal of Technology studies*, 26(1), 3–10.
- Weinberger, A., Fischer, F., & Stegmann, K. (2005). Computer-supported collaborative learning in higher education: Scripts for argumentative knowledge construction in distributed groups. *Proceedings of th 2005 conference on Computer support for collaborative learning: learning 2005: the next 10 years!*, (pp. 726).
- Wood, J., Keen, A., Basu, N., & Robertshaw, S. (2003). : (pp. 1–4).
- Zurita, G. & Nussbaum, M. (2004). Computer supported collaborative learning using wirelessly interconnected handheld computers. *Computers & Education*, 42(3), 289–314.
- Zurita, G. & Nussbaum, M. (2007). A conceptual framework based on activity theory for mobile cscl. *British Journal of Educational Technology*, 38(2), 211–235.