

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY**

**PROGRAMA DE GRADUADOS EN MECATRÓNICA,
TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN**



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY**

**Adaptación de Servicios de Biblioteca Digital Personal para
Dispositivos Móviles de Tercera Generación**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO ACADÉMICO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN TECNOLOGÍA INFORMÁTICA.

por

Luis Manuel Pulido Salinas

Monterrey, N.L., Mayo de 2008

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Monterrey

División de Mecatrónica y Tecnologías de Información
Programa de Graduados en Mecatrónica, Tecnologías de Información

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la presente tesis del Ing. Luis Manuel Pulido Salinas sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias en Tecnología Informática**.

Comité de Tesis

Dr. Juan Carlos Lavariega
Jarquín
Asesor principal

MTI. José Vladimir Burgos
Aguilar
Sinodal

MCT. Martha Sordia
Salinas
Sinodal

Dr. Joaquín Acevedo
Mascarúa.
Director de Investigación y Posgrado. Escuela de Ingeniería

Mayo de 2008

Adaptación de Servicios de Biblioteca Digital Personal para Dispositivos Móviles de Tercera Generación

por

Luis Manuel Pulido Salinas

T e s i s

Presentada al Programa de Graduados en Mecatrónica, Tecnologías de Información

del

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey

como requisito parcial para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias

en

Tecnología Informática

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Monterrey

Monterrey, N.L., Mayo de 2008

Dedicatorias

A *Dios...*

Porque cuando empecé esta etapa te la ofrecí y te la encomendé... Gracias por ayudarme a cumplir esta meta.

A *mis padres...*

Angeles y José Luis., porque a pesar de todo estuvimos juntos y me ayudaron a cumplir este sueño. Los amo y gracias a los dos.

A *mis hermanos...*

a Pepe por ser mi ejemplo a seguir y amigo. a Liz por ser la pequeña a la que quiero. Por el cariño que nos une. Esto es para ustedes :)

A *mis abuelos...*

Por el recuerdo y el cariño que les tengo.

A *mi familia...*

Tíos, primos, sobrinos... por el apoyo moral :)

A *mis amigos...*

A los de Veracruz por las constantes muestras de apoyo en esta parte de mi vida..En especial a Diana, Cecilia y Alejandro.

A los que viven en Mty (aunque sean jarochos)... en especial a Andrés, Pipe, Liz, Jahir, Vania, Christian, Sergio, Tania y Erika.

A los que conocí en Mty.. por los momentos que hemos compartido :)

Agradecimientos

A mi Asesor el Dr. Juan Carlos Lavariega Jarquín...

Por brindarme la oportunidad de trabajar con usted en este proyecto y en PDLib. Por sus consejos y confianza para la realización de ésta tesis.

A mis Sinodales...

MCT Martha Sordia y MTI José Vladimir por los comentarios y ser guías para la culminación de este trabajo.

A mis compañeros de PDLib.....

Por los momentos que pasamos juntos en "la oficina", el apoyo y amistad. En especial al Dr. Francisco Álvarez por tus consejos.

A mis amigos, compañeros y maestros del ITESM...

Por la amistad y los conocimientos compartidos...

Resumen

El manejo de la información en una sociedad permite la correcta ejecución de las acciones diarias y las mejores tomas de decisiones. Las bibliotecas digitales se han convertido en una de las herramientas de mayor importancia para la gestión de dicha información.

El hecho de ofrecer una biblioteca digital con "acceso universal" se refiere a dar la oportunidad al usuario de poder acceder a la información de su interés desde la cualquier dispositivo computacional, en cualquier momento y en cualquier lugar. En orden a esto es indispensable el uso de la computación móvil a través de dispositivos como PDA's y Teléfonos Celulares.

Los teléfonos celulares son los dispositivos computacionales al que la mayoría de las personas tienen acceso, por lo que es un campo de estudio el poder ofrecer los servicios de biblioteca digital personal en estos dispositivos. Con el creciente desarrollo de la telefonía celular, a través de la nueva generación de teléfonos móviles, denominada 3G, es posible implementar los servicios básicos para el acceso a bibliotecas digitales como lo son: Búsqueda de información, Autenticación, Consulta de Documentos y Creación de Documentos.

El aprovechar las capacidades de cómputo de los teléfonos celulares de tercera generación (3G), junto con el acceso a la red móvil de banda ancha nos permite el implementar en dichos dispositivos los servicios necesarios y así tener el acceso a la información almacenada en la biblioteca personal digital en cualquier momento.

El presente trabajo muestra la maneras en que los servicios mencionados anteriormente fueron implementados dentro de un software ejecutable en un teléfono celular de tercera generación, con el objetivo de poder brindar al usuario un acceso a su información personal desde cualquier ubicación. Obteniendo como resultado un cliente el cual se puede comunicar con el proyecto PDLib, software de biblioteca digital personal desarrollado por el Tecnológico de Monterrey, ofreciendo los siguientes servicios: Búsqueda Simple como usuario no registrado en PDLib, Autenticación como usuario de PDLib, Navegación en las colecciones del usuario, Creación de Documento, Descarga de Documentos, Búsqueda Simple de información como usuario registrado.

Se espera que en el futuro, con el avance tecnológico en los dispositivos móviles, se pueda realizar una optimización de los métodos propuestos y la incorporación de servicios como la administración de colecciones y la interacción con motores de búsquedas en Internet, para ofrecer una mejor solución al usuario en sus necesidades de acceso a la información.

Contenido

1. Introducción	1
1.1. Planteamiento del Problema	3
1.2. Organización de la Tesis	3
2. Antecedentes	5
2.1. Introducción	5
2.2. Bibliotecas Digitales	5
2.3. Trabajos Relacionados en Bibliotecas Digitales	7
2.4. Cómputo Móvil	8
2.5. Trabajo Relacionado de Acceso Móvil a Bibliotecas Digitales	11
2.6. Dispositivos Móviles de Capacidad Limitada	11
2.6.1. PDA's	12
2.6.2. Teléfonos Celulares	12
2.6.3. Despliegue de Información en Dispositivos Móviles	14
2.7. Desarrollo en Dispositivos Móviles	15
2.7.1. Soluciones Stand-Alone	16
2.7.2. Soluciones On-Line	16
2.7.3. Soluciones Smart Client	17
2.8. Lenguajes de Programación para Dispositivos Móviles	19
2.8.1. .NET	19
2.8.2. Java Micro Edition	20
2.9. Conclusiones	24
3. Diseño de la Adaptación de Servicios de Biblioteca Digital	27
3.1. Introducción	27
3.2. PDLib	28
3.2.1. Arquitectura	29
3.2.2. Data Server	31
3.2.3. MCM - Mobile Communication Middleware	33
3.2.4. Clientes	34
3.3. Adaptaciones de Servicios a Celulares de Tercera Generación	36
3.3.1. Servicios	37
3.4. Conclusiones	45

4. Smartphone Client - Prototipo de la Adaptación de Servicios.	47
4.1. Introducción	47
4.2. PDLib SmartphoneClient	47
4.2.1. Comunicación con MCM	50
4.2.2. Servicios del Cliente Móvil	52
4.2.3. Usuario no Registrado.	52
4.2.4. Autenticación	53
4.2.5. Búsqueda Simple.	54
4.2.6. Navegación	55
4.2.7. Descarga de Documentos.	56
4.2.8. Creación de Documentos.	59
4.3. Pruebas.	62
4.3.1. Búsqueda Simple de Documento.	63
4.3.2. Autenticación	65
4.3.3. Creación de Documento de Texto.	66
4.3.4. Creación de Documento de Audio.	68
4.3.5. Creación de Documento de Imagen.	68
4.3.6. Creación de Documento Almacenado en Dispositivo.	69
4.3.7. Descarga de Documentos.	70
4.4. Impacto de la adaptación de servicios en Teléfonos de Tercera Generación	71
4.5. Conclusiones.	72
5. Conclusiones y Trabajo a Futuro	73
5.1. Introducción	73
5.2. Conclusiones.	73
5.3. Trabajo Futuro.	75
A. Diagrama de Clases SmarthPhone Client	79
Bibliografía	85
Vita	

Índice de tablas

2.1. Sistemas Operativos para Teléfonos Celulares	14
2.2. Comparación de Soluciones Móviles.	18
3.1. Servicios de PDLib.	29
3.2. Servicios Ofrecidos por Pocket Client	36
3.3. Servicios propuestos para Celulares de Tercera Generación	37
4.1. Pruebas de funcionamiento del Smartphone Client	63

Índice de figuras

2.1. Arquitectura Plataforma Java	21
3.1. Arquitectura Conceptual del Sistema PDLib	30
3.2. Arquitectura Detallada del Sistema PDLib	31
3.3. Modelo PDLib	33
3.4. Modelo de Capas del MCM.	34
3.5. Diagrama General de Comunicación del prototipo.	38
3.6. Diagrama Servicio de Autenticación.	39
3.7. Diagrama Servicio de Navegación.	40
3.8. Diagrama Servicio de Recuperación de Documentos.	42
3.9. Diagrama Servicio de Creación de Documentos.	44
3.10. Diagrama Servicio de Búsqueda de Documentos.	45
4.1. Memoria del Dispositivo durante Navegación y Creación de Archivo	49
4.2. Memoria del Dispositivo después de una Descarga Archivo.	49
4.3. Diagrama de Comunicación XML-RPC.	51
4.4. Diagrama Secuencia Servicio Búsqueda.	53
4.5. Diagrama Secuencia Servicio Autenticación.	54
4.6. Diagrama Secuencia Servicio Navegación.	56
4.7. Diagrama Secuencia Servicio Recuperación de Documentos.	58
4.8. Diagrama Secuencia Servicio Creación de Documentos.	61
4.9. Diagrama Secuencia Servicio Creación de Documentos Almacenados.	62
4.10. Pantalla Búsqueda Simple.	64
4.11. Pantalla Resultado de Búsqueda.	64
4.12. Pantalla Autenticación.	65
4.13. Pantalla Colección Home.	66
4.14. Pantalla Creación Documento de Texto.	67
4.15. Pantalla Ingreso de Metadatos.	67
4.16. Pantalla Creación Documento de Audio.	68
4.17. Pantalla Creación Documento de Imagen.	69
4.18. Pantalla Sistema de Archivos.	70
4.19. Pantalla Sistema de Archivos.	71
A.1. Diagrama de Clases Cliente Móvil	81

Capítulo 1

Introducción

El avance tecnológico día a día lleva a la sociedad actual a generar y recolectar conocimiento e información de forma electrónica. Esta tendencia se puede observar en cualquier nivel de la sociedad, desde una tienda donde se almacena información acerca de sus productos y clientes, hasta en los hospitales donde se almacenan datos tan complejos como el historial médico o en las escuelas donde se almacena la información de los estudiantes, o las investigaciones que se realizan dentro de ellas. Como se puede observar la constante evolución de la tecnología lleva a la sociedad a convertirse en lo que se conoce una "sociedad de información" [26].

Las Bibliotecas Digitales han sido instrumentos de almacenamiento de la información y conocimiento generado de forma digital. El hecho de compartir esta información compleja hacia los usuarios es lo que se denomina "acceso universal" [27].

Gracias a la Bibliotecas Digitales se ofrece el acceso a contenido digital complejo y de gran importancia en diferentes formatos, como son: Texto, Audio, Video, Imágenes, de una manera integrada. Entre los servicios que ofrecen las bibliotecas digitales podemos encontrar los siguientes:

- Autenticación.
- Almacenamiento de información.
- Consulta de información.
- Distribución de la Información.
- Indexación de la Información.
- Control de Acceso.

Basándose en [12] el acceso universal a las bibliotecas digitales personales debe ser en cualquier momento y en cualquier lugar, por lo que se abre un tema interesante de investigación: *la computación móvil*, la cual no requiere de un enlace fijo para el

acceso a la red y a la información.

La computación móvil cuenta con muchas limitantes por su propia naturaleza, entre ellas podemos encontrar:

- Procesamiento de Datos.
- Capacidad de Almacenamiento.
- Conectividad Intermitente.
- Costo por uso de red.
- Vida de la Batería.
- Pantallas pequeñas.

Existen diversos tipos de dispositivos móviles con los cuales se puede mantener el acceso a la información, entre ellos podemos encontrar a los *Pager o Localizadores*, *PDA's o Asistentes Digitales Personales* y los *Teléfonos Celulares*.

Los teléfonos celulares cuentan con la ventaja de tener un avance tecnológico acelerado y el acceso a Internet por medio de la red telefónica, razón por la cual se convierten en los dispositivos móviles con el mayor potencial para desarrollos móviles.

En este trabajo se propondrá una adaptación de servicios básicos para el acceso a bibliotecas digitales personales a través de éste tipo de dispositivos, enfocándose especialmente en los teléfonos celulares de tercera generación (3G), los cuales cuentan con una mayor capacidad de cómputo y almacenamiento.

El proyecto PDLib[31], el cual es una biblioteca digital personal con acceso universal fruto de la Cátedra en Tecnologías Inalámbricas y Movilidad del ITESM, será la base para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Por lo que el modelo de adaptación y el cliente prototipo para pruebas se basaran en dicho proyecto.

A continuación se hablará más de la problemática que se encuentra en el acceso a bibliotecas digitales por medio de teléfonos celulares.

1.1 Planteamiento del Problema.

El acceso y la disponibilidad de la información en todo momento es un tema de gran interés en el área de informática, razón por la cual es necesario investigar una vía para que las personas puedan acceder a información de su interés de manera fácil, en cualquier momento y lugar.

Actualmente la telefonía celular, por ejemplo, es un recurso computacional al cual tienen acceso las personas, y ofrecer servicios de biblioteca digital es una forma de satisfacer la necesidad de obtener información desde cualquier lugar y en cualquier momento. Por lo que es necesario identificar cuales son los servicios óptimos para ofrecer el acceso a una biblioteca digital personal en cualquier momento, teniendo en cuenta las limitantes de los dispositivos celulares, como lo son: manejo de memoria, capacidad de transmisión de datos, la capacidad de cómputo, el despliegue de la información en pequeñas pantallas, almacenamiento de información en los dispositivos y la interacción con los accesorios de los teléfonos celulares (cámara y grabador de voz), de tal manera que se puedan ofrecer las funciones de: navegar en colecciones, autenticarse como usuario, crear documentos de texto, imagen y sonido desde los dispositivos y almacenarlos en los repositorios, y poder descargar y almacenar la información dentro de los mismos.

Esta es la razón por la cual se desea realizar un trabajo de investigación y poder adaptar servicios de Biblioteca Digital a teléfonos celulares de tercera generación, y así abrir un nuevo panorama para el acceso, creación y consulta de información en bibliotecas digitales personales.

1.2 Organización de la Tesis.

El presente trabajo está dividido en cinco capítulos, el Capítulo uno es la presente introducción al trabajo ofreciendo un panorama general de lo que se abarcará en el desarrollo de la investigación.

El Capítulo dos discutirá los antecedentes teóricos necesarios para la comprensión del desarrollo del trabajo, se hablará más a detalle de las bibliotecas digitales, computación móvil, los lenguajes de programación para el desarrollo de aplicaciones móviles, y trabajos relacionados con la presente investigación.

El Capítulo tres abarcará la adaptación de los servicios de biblioteca digital que se quieren implementar en teléfonos celulares de tercera generación, se mostrarán los modelos conceptuales de dichos servicios.

El Capítulo cuatro mostrará la forma de implementación de los servicios propuestos, así como las dificultades encontradas dentro de la creación del prototipo de

prueba denominado Smartphone client. De la misma manera se describirán las pruebas realizadas para garantizar el funcionamiento de la implementación.

El Capítulo cinco explicará las conclusiones obtenidas por el desarrollo de este trabajo y los trabajos que se pueden realizar a partir del mismo.

A continuación se mostrarán los principios teóricos que fundamentarán el trabajo realizado, el cual es importante para la comprensión de las decisiones hechas durante la implementación de la solución. Entre los conceptos que se presentarán están las bibliotecas digitales, el desarrollo de software móvil y trabajos relacionados que buscan ofrecer el acceso a información a través de teléfonos móviles.

Capítulo 2

Antecedentes

2.1 Introducción

En este capítulo se hablará acerca de los conceptos teóricos los cuales son primordiales para la comprensión de la solución propuesta para la problemática de acceso a bibliotecas digitales a través de dispositivos celulares de tercera generación.

Dentro de los tópicos a tratar encontraremos una breve descripción de lo que son las Bibliotecas Digitales, de la misma manera se hablará de la computación móvil, los dispositivos y la forma de desarrollar software móvil.

Se hará referencia a los dos lenguajes de programación más importantes para el desarrollo de aplicaciones móviles como lo son .NET de Microsoft y Java Micro Edition de Sun Microsystems con el fin de tener un panorama más amplio de las opciones que tenemos para el desarrollo de la implementación.

A continuación se hablará un poco de lo que son las Bibliotecas Digitales, los servicios que se ofrecen a través de éstas y su importancia.

2.2 Bibliotecas Digitales

Haciendo referencia al artículo "PDLib: Infraestructura para Servicios de Bibliotecas Digitales en Ambientes Móviles" [1] publicado por el ITESM campus Monterrey podemos tomar la siguiente definición de Biblioteca Digital:

Una biblioteca digital puede conceptualizarse como una colección organizada de documentos en diversos formatos digitales para los cuales existen servicios tales como envío, clasificación, búsqueda, recuperación y administración. Adicionalmente, una biblioteca digital facilita el desarrollo de actividades de estudio e investigación colaborativa entre usuarios distribuidos geográficamente. Idealmente, una biblioteca digital debe proporcionar mecanismos de almacenamiento, búsqueda y recuperación

de documentos.

Existen varios retos tecnológicos asociados a la realización de bibliotecas digitales. Entre los retos más sobresalientes se pueden mencionar:

1. **Creación digital de documentos.** Los documentos que son parte de una biblioteca digital se almacenan en formato digital. Actualmente existen materiales que están en formato digital, sin embargo, hay otros que no lo están y deben transformarse (digitalizándose) a su formato digital apropiado.
2. **Clasificación e indexamiento.** Los documentos que son parte de una colección se deben clasificar, almacenar e indexar para mejorar la eficiencia del proceso de recuperación.
3. **Búsqueda y recuperación.** La información almacenada en la biblioteca digital debe ser accesible a los usuarios de una manera eficiente, lo que implica que la biblioteca debe incluir una implementación eficiente de las técnicas de búsqueda avanzada y de recuperación.
4. **Distribución.** Los documentos que se almacenan en la biblioteca digital deben ser accesibles a usuarios remotos de manera rápida y confiable.
5. **Administración y control de acceso.** Para evitar el acceso no autorizado a los documentos, una biblioteca digital debe incorporar mecanismos para restringir el acceso a usuarios no autorizados. La biblioteca digital también debe proporcionar los medios para la fácil administración de colecciones digitales.
6. **Personalización.** Las bibliotecas digitales deben jugar un papel activo en la satisfacción de necesidades de información específicas y preferencias de los usuarios individuales y comunidades de usuarios [1]

Cabe mencionar que el aspecto de personalización en bibliotecas digitales comienza a tomar un papel fundamental, dado a que al poder satisfacer las preferencias personales con respecto a necesidad de información, el que los usuarios puedan almacenar y administrar documentos de su interés o generados por ellos mismos, es un valor agregado que permite a un usuario o a un grupo de usuarios compartir cierto tipo de información de gran relevancia para ellos.

Hoy en día los sistemas de información comienzan a adoptar esta filosofía de atención a las preferencias y necesidades de los usuarios, ya que el ofrecerles la idea de estar involucrados con los sistemas ofreciéndoles interfaces de usuarios personalizados, el poder recordar perfiles de información e intereses generales.

Otro aspecto de personalización, el cual abarca este trabajo, es el poder tener sistemas de información en los dispositivos personales (PDA's, Teléfonos Celulares), así los usuarios podrán acceder a sus bibliotecas personales desde dispositivos móviles

personales, desde los cuales podrán generar su propia información, almacenarla y consultarla posteriormente.

A continuación se mencionarán algunos ejemplos de Bibliotecas Digitales, y una breve descripción de cada uno de ellos.

2.3 Trabajos Relacionados en Bibliotecas Digitales

En esta sección se presentaran algunos de los proyectos de Bibliotecas Digitales desarrollados por universidades y que se encuentran a la disponibilidad de las instituciones educativas y empresariales:

- **Greenstone** Greenstone es un conjunto de programas cuyo fin es ayudar a instituciones educativas o empresariales a crear sus propias bibliotecas digitales. Este software es producido por la Universidad de Waikato y el proyecto de Biblioteca Digital de Nueva Zelanda. Es distribuido y desarrollado por la UNESCO bajo la licencia GNU de software libre [28].
- **Phronesis** Este proyecto es desarrollado por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), cuyo fin es el de contribuir en el desarrollo e implementación de bibliotecas digitales a través de Internet. Soportando una indexación de texto para el soporte de búsquedas de información en texto completo. De la misma manera se puede indexar metadatos de los documentos. [30].
- **Koha** Es un sistema de Integración de Sistemas de Bibliotecas, realizado en Nueva Zelanda por Katipo Communications en el año 2000, distribuido bajo la licencia GPL [32].
- **Standford Digital Library Project** Proyecto diseñado para crear infraestructuras de bibliotecas digitales, ofreciendo servicios de creación, diseminación, compartición de información [33].

En cuestión de personalización de información en bibliotecas digitales se pueden nombrar proyectos desarrollados por universidades, entre ellos se puede encontrar a:

- **UpLib** UpLib (Universal Personal Library) consiste de una serie de repositorios de información indexados accesibles vía web. UpLib provee funciones de seguridad, organización, acceso y disponibilidad de documentos personales desde Internet ocupando el protocolo Web especializándose en imágenes. Es desarrollado por el Centro de Investigación de Palo Alto (PARC) [29].
- **PDLib** PDLib (Personal Digital Library) es un proyecto realizado por el Centro de Investigación en Informática del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. PDLib ofrece a los usuarios la posibilidad de almacenar sus documentos personales, y la capacidad de administrar el acceso a los mismos. Ofrece una interoperabilidad con bibliotecas digitales vía protocolo OAI y con los buscadores web Google y Yahoo! [1].

- **Semantic Personal Digital Library** Proyecto Open Source para el manejo de documentos PDF permitiendo a los usuarios clasificar los documentos y recuperarlos posteriormente [34].

A continuación se hablará acerca de los retos que hay en el cómputo móvil, tema de importancia para poder establecer los servicios de biblioteca digital en dicho ambiente.

2.4 Cómputo Móvil

Según William Mangione, en [2] la visión tradicional de la computación móvil típicamente envuelve a usuarios moviéndose a través de un ambiente, o serie de ambientes con sus dispositivos de cómputo personales.

La computación móvil tiene sus orígenes en los sistemas distribuidos y en la implementación de redes inalámbricas, las cuales ofrecen conexiones a la red sin tener que estar físicamente en un solo lugar.

Hasta el momento, mucha investigación de campo se ha centrado en brindar los servicios que extendían los desarrollos para los ambientes de computadoras de escritorio, hacia los dispositivos móviles y a manejar los desafíos que resultan de la conectividad no fiable o variable de la red. [2]

Según Satyanarayanan en [6] caracteriza a la computación móvil de la siguiente manera:

1. **Restricciones de la Movilidad** El cómputo móvil está caracterizado por cuatro restricciones básicas:

Los dispositivos móviles son "pobres en recursos" en comparación a los dispositivos estáticos.

Por un costo y nivel de tecnología, hay consideraciones de peso, energía, tamaño y portabilidad de los dispositivos que afecta directamente en los recursos de cómputo como la velocidad del procesador, capacidad de memoria y de disco. Aún cuando los dispositivos móviles pueden mejorar en estos aspectos, sus recursos siempre serán menores en comparación con los dispositivos estáticos.

Hay riesgos inherentes a la movilidad.

Existe un mayor riesgo de extraviar o que sea robado un dispositivo móvil, ya sea en la calle o que se olvide en algún lugar. Debido a su tamaño y a su uso es probable que sufran daños por golpes o malos tratos por parte de los usuarios.

La conectividad de los dispositivos móviles tiene una gran variación de desempeño y confiabilidad.

Algunas instalaciones pueden ofrecer un ancho de banda para conexiones inalámbricas más confiables que otras con una menor infraestructura. En exteriores,

un cliente móvil tendrá que lidiar con un ancho de banda reducido inalámbrico además de tener solo una cobertura limitada.

Los dispositivos móviles cuentan con una fuente de energía reducida.

Aún cuando la tecnología de las baterías sin duda alguna mejorará con el paso del tiempo, se necesita tener en cuenta el consumo de energía. Los problemas de consumo de energía abarcan diferentes niveles tanto del desarrollo del hardware como del software.

Las limitaciones intrínsecas a la movilidad junto con la tecnología actual complican el diseño de sistemas móviles de información por lo que es necesario replantear los métodos tradicionales de acceso a la información.

2. **La necesidad de la adaptación** La movilidad aumenta la tensión entre la autonomía y la independencia que son características de los sistemas distribuidos. La relativa pobreza de los dispositivos móviles así como su poca confiabilidad y robustez piden la confianza de los servidores estáticos, para lo cual tienen la necesidad de enfrentarse al funcionamiento no confiable, así como el consumo de energía.

Cualquier aproximación al cómputo móvil debe tener un balance entre estos conceptos. Este balance no puede ser estático; de forma que las características de los dispositivos móviles cambian, debe reaccionar y reasignar dinámicamente las responsabilidades del cliente y del servidor. Es decir, los clientes móviles deben ser adaptables.

3. **Taxonomía de las estrategias de adaptación**

El rango de estrategias para la adaptación está limitada por dos extremos. En un extremo la adaptación es responsabilidad de una sola aplicación. Esto es una aproximación de no intervención, la cual elimina la necesidad de soporte del sistema, esto carece de un intermediario central que resuelva las demandas de recursos incompatibles y mantenga los límites sobre el uso de él. Esto también hace que las aplicaciones sean más complicadas de escribir, y falla al amortizar los costos de desarrollos para el soporte para la adaptación.

El otro extremo adaptación transparente de la aplicación, le da la responsabilidad de la adaptación al sistema. Esta aproximación es atractiva porque es compatible con las aplicaciones ya desarrolladas: éstas siguen funcionando aun con los dispositivos móviles sin modificaciones. El problema con ésta aproximación es que puede haber situaciones donde las adaptaciones realizadas por el sistema puede ser inadecuadas o incluso contraproducentes, esto es, si el número de usuarios móviles se incrementa a tal punto que el sistema deja de realizar su labor por realizar la adecuación para los clientes móviles o la adecuación deja de ser válida para un instante determinado por la tardanza en la respuesta.

Entre estos dos extremos existe un espectro de posibilidades que se le puede llamar adaptación dependiente de la aplicación. Para soportar una relación colaborativa entre las aplicaciones y el sistema, esta aproximación permite a las aplicaciones determinar como es la mejor forma de adaptación, pero preserva la habilidad del sistema para monitorear los recursos y fortalece las decisiones en cuanto a la localización de los mecanismos de adaptación.

4. **Modelo Cliente-Servidor extendido.** Otra forma en que se puede caracterizar el impacto de las restricciones del cómputo móvil es examinando su efecto en el modelo cliente servidor clásico. En este modelo, un pequeño número de servidores confiables constituyen los repositorios de datos. Es posible acceder a estos datos de forma eficiente y segura de una gran cantidad de clientes no confiables. Se usan técnicas de caching y prefetching para proveer un buen desempeño, además que se puede utilizar la autenticación y el cifrado para proveer seguridad.

Este modelo ha probado ser especialmente valioso para la escalabilidad. En efecto, el modelo cliente servidor descompone a un gran sistema distribuido en pequeños núcleos que cambian, relativamente lento. Pero de la perspectiva de la seguridad y administración, la escala de los sistemas parece ser la de un solo núcleo.

Tomando en cuenta las restricciones de la movilidad es necesario replantear este modelo. Las limitaciones de los dispositivos móviles puede requerir que ciertas operaciones que normalmente se realizaban del lado del cliente tengan que ser realizadas por los servidores. De la misma forma, la necesidad de enfrentar una conectividad incierta, requiere que los clientes puedan emular las funciones del servidor. [6]

Hoy en día es común en las empresas utilizar la computación móvil para ofrecer servicios como lo son:

- **Puntos de Ventas.** Es común ver en restaurantes, o agentes de ventas portar una PDA con la cual levantan los pedidos de los clientes y se comunican al instante con la base de datos de la empresa para que se procese de inmediato la orden.
- **Servicios a Cliente.** En ocasiones es necesario comunicarse con personal especializado en un tema, o soporte técnico, el cual necesita estar comunicado con la empresa en todo momento, y la utilización de dispositivos móviles facilita esta operación, así como la consulta de bases de datos.
- **Oficinas Móviles.** Es una realidad que en los viajes de negocio o trabajo es importante mantener información que en ocasiones se encuentra en la oficina central, por medio de la comunicación remota y de dispositivos como PDA's o Celulares se puede consultar dicha información.

En esta sección se habló acerca de los retos que representa la computación móvil, así como los limitantes que representa este ambiente. A continuación se mencionarán algunos de los trabajos que se han realizado dentro del ámbito de la computación móvil y las bibliotecas digitales.

2.5 Trabajo Relacionado de Acceso Móvil a Bibliotecas Digitales

En esta sección abarcaremos los trabajos relacionados con accesos a bibliotecas digitales desde dispositivos móviles, dado a que con el creciente uso de dichos dispositivos se ha desarrollado un gran interés por el acceso a la información a través de ellos.

Greenstone Digital Library Mobile Portal

G. Buchanan, M. Jones y G. Marsden [10] desarrollaron prototipos de acceso a la Biblioteca Digital Greenstone desde dispositivos móviles, uno para celulares a través de búsquedas y navegación a través de WAP y otro es una adaptación de su cliente web, esta adaptación se llama LibTwig.

LibTwig utiliza el mismo estilo del cliente web de Greenstone, el cual basa la navegación en un estilo jerárquico y por categorías. LibTwig se comunica con Greenstone a través de su protocolo interno basado en CORBA.

PoPs

Nohema Castellanos y Alfredo Sánchez en [11] proponen un desarrollo de un framework en el cual se producen interfaces personales (preferencias del usuario) a través de XML para el acceso a recursos de la biblioteca digital. Se desarrollaron dos versiones para este proyecto, el primero es un prototipo para PDA utilizando Personal Java para Windows CE, accedendo a la biblioteca digital vía Internet. El prototipo para celular fue desarrollado sobre Java Micro Edition, con la limitante de que únicamente fue probado en el emulador de celular dentro de una computadora de escritorio, accedendo a la biblioteca digital a través de intranet.

A continuación se hablará acerca de dispositivos como lo son PDA's y teléfonos celulares, los cuales están altamente relacionados con el futuro de la computación móvil.

2.6 Dispositivos Móviles de Capacidad Limitada

Los dispositivos móviles de capacidad limitada son aquellos, que tienen una restricción en sus capacidades de cómputo, despliegue de información o de comunicación en comparación de los equipos de cómputo comúnmente utilizados como lo son la PC

y Computadoras Portátiles.

A continuación se mencionan los dispositivos móviles de capacidad limitada que son de uso común hoy en día.

2.6.1 PDA's

Los Asistentes Digitales Personales (PDA por sus siglas en Inglés) son dispositivos móviles "centrado en datos", por "centrado en datos" se entiende que los diseñadores de los dispositivos dan prioridad a la función de los datos sobre otras funciones (por ejemplo, voz, o juegos). Como dispositivos de datos, tienen pantallas largas y en ocasiones teclados a expensas del peso y tamaño. Este tipo de dispositivos son particularmente útiles para tareas como la creación de e-mail.

Los PDA's ofrecen aplicaciones que se ejecutan únicamente dentro de ella y en ocasiones ofrecen comunicaciones inalámbricas de diversos tipos (bluetooth, WiFi). [7]

Actualmente son dispositivos con funciones computacionales ofrecidas por computadoras de escritorio (manejo de imágenes, audio, video, etc.) Ejemplos: Pocket PC's, PALMS.

2.6.2 Teléfonos Celulares

Los teléfonos celulares son los dispositivos computacionales a los que la mayoría de la gente tiene accesos. Se pueden encontrar en diversas modalidades y con diferentes características.

En sus inicios los teléfonos móviles eran equipos analógicos, es decir solo era para el envío de voz, a esto se le denominó **primera generación de teléfonos celulares o 1G**.

Aproximadamente en el año 1990 comienzan a aparecer lo que se denomina como **Segunda Generación de la Telefonía Celular** donde los teléfonos comenzaron a tener aplicaciones sencillas como lo son calculadoras y agendas, las cuales eran programadas en java y se encontraban embebidas dentro del mismo teléfono.

Este tipo de celulares se caracterizaba por ser líneas digitales, y además se ofrecían los servicios de transmisión de datos y mensajes (SMS) de manera limitada. Esta generación utilizó el protocolo GSM, actualmente aún es utilizada en el país.

La **Tercera Generación o 3G** se caracteriza por converger datos y voz con acceso a Internet. Razón por la cual los teléfonos celulares hoy en día ya no se utilizan sólo para hacer llamadas, sino para una gran gama de funciones que se le han ido añadiendo a estos dispositivos móviles los cuales son llamados ahora "Smartphones". [9]

Un Smartphone es un dispositivo electrónico de mano que integra la funcionalidad de un teléfono móvil, PDA o similar. Suele integrar funciones como comunicarse a través de WiFi y bluetooth, disponer de conexión a Internet, y permitir el envío de mensajería y e-mails.

Un Smartphone normalmente añade funciones de teléfono a una PDA o añadiendo funcionalidades "inteligentes", como las funciones de la PDA, en un teléfono móvil. Una característica clave de un smartphone es que pueden ser instaladas aplicaciones adicionales en el dispositivo. Las aplicaciones puede ser desarrolladas por el fabricante del dispositivo o por cualquier empresa desarrolladora de software.

Debido a la implementación de dichas funciones se han desarrollado una gran variedad de Sistemas Operativos para los teléfonos celulares, entre ellos los más comunes son: Symbian OS, PALM OS, y Windows Mobile. [3]

Cada uno de ellos cuenta con diferentes maneras de realizar operaciones internas, por lo que existe el mismo problema que en los Sistemas Operativos de las computadoras normales: **La incompatibilidad de software**

A continuación se muestra una tabla con las diferencias entre los sistemas operativos más comunes en ambientes móviles [19][20][21].

	Symbian OS	Palm OS	Windows Mobile
Dispositivos	Enfocado a Teléfonos Celulares	PDA's y Teléfonos Celulares, enfocado más a PDA	Teléfonos Celulares y Pocket PC
Comunicaciones	Bluetooth, USB, IRDa, WiFi, WAP	Bluetooth, USB, WiFi, IRDa, WAP	Bluetooth, IRDa, WiFi, WAP
Multimedia	Audio, Imagen y Video, Conversión de imágenes, codec de Audio y Video	Audio, Imagen, Video, Notas de voz	Audio, Imagen, Video
Software	Java, MIDP y CLCD, Ambiente C	Ambiente C, Java MIDP y CLCD, en algunos dispositivos CDC	Microsoft .NET Compact Framework, Java MIDP y CLCD
Interoperabilidad con otros programas	Microsoft Exchange, correo POP3 y SMTP, PDF's, Documentos Office, Sincronización con PC.	Sincronización con PC, PDF, Documentos Office, POP3 y SMTP	Microsoft Office Mobile, PDF Sincronización con PC.

Tabla 2.1: Sistemas Operativos para Teléfonos Celulares.

2.6.3 Despliegue de Información en Dispositivos Móviles

Uno de los grandes problemas al hablar de dispositivos móviles es la presentación de la información, debido a que en equipos, como los teléfonos celulares, la cantidad de caracteres por línea no es suficiente para expresar una idea.

Una de las maneras de presentar la información es la extracción de un resumen del contenido de la información a presentar también llamada "sumarización". El objetivo es tomar un texto fuente, extraerle automáticamente el contenido y presentar al usuario lo más relevante del mismo (resumen) de una manera condensada y sensitiva que cumpla con las expectativas del usuario o aplicación.

El resumen puede ser de dos clases:

- Enfocado al usuario (user-focused). Se enfocan en los requerimientos de un usuario o grupo de usuarios en particular, también pueden ser enfocados en tópicos (topic-based) o enfocados en consultas (query-focused).
- Genérico. Generalmente, estos tipos de resúmenes sirven como sustitutos en ambientes de acceso a texto completo y son escritos por los autores de los documentos o por extractores (abstractors) profesionales. [8]

Miguel Angel Escoffié en [8] propone realizar esta extracción del resumen mediante las frases claves o *keyphrases*, extrayéndolas de manera automática utilizando un algoritmo denominado *KEA* paralelizado por medio de *threads* para eficientar su ejecución y así presentar al usuario, aquellas palabras que den una idea del contenido de un documento.

Se ha discutido en esta sección lo referente a los tipos de dispositivos móviles, y la forma de presentar información en ellos, a continuación, se discutirá acerca de las diferentes soluciones que pueden existir para la creación de software móvil.

2.7 Desarrollo en Dispositivos Móviles

Cuando se piensa en desarrollar una solución para dispositivos móviles, lo primero que hay que pensar es qué tipo de solución será conveniente para la necesidad dada. Esto dependerá de diversos factores como:

- Se requiere Conexión permanente. Se necesita hacer un análisis si la aplicación a desarrollar tendrá constante interacción con la red, la cantidad de datos que se enviarán y se recibirán, lo cual nos determinará si la aplicación deberá tener disponibilidad de red o no.
- Se requiere Sincronización. Con respecto a esta característica es necesario pensar acerca de que si la aplicación podrá funcionar sin red, y después sincronizar los datos con algún servidor o alguna PC.
- Diversidad de Equipos. Es importante pensar acerca de qué tipos de dispositivos serán los que ejecutaran la aplicación, dependiendo de esto, se podrá definir que tipo de características óptimas para la ejecución del software.

Analizando estos factores se podrá escoger entre alguna de las siguientes tipos de soluciones: [5]

1. Soluciones **Stand Alone**.
2. Soluciones **On-Line**.
3. Soluciones **Smart-Clients**

A continuación se dará una breve explicación de cada una de ellas.

2.7.1 Soluciones Stand-Alone

Este tipo de aplicaciones son aquellas que se desarrollan para ser instaladas y ejecutadas dentro de un equipo móvil y que funcionan en forma desconectada de Internet o de un servidor Central. [5]

Para desarrollar una solución de éste tipo, se debe generar un paquete ejecutable en el formato correcto para el tipo de sistema operativo que maneja el dispositivo móvil o celular en el que será instalado.

Como cada sistema operativo es diferente, cada aplicación que es desarrollada para Symbian OS deberá ser distinta para Palm OS o para Windows Mobile.

Las ventajas de este tipo de aplicaciones son:

- Ejecución veloz.
- Aprovechamiento de características de bajo nivel de cada equipo.
- Uso de todas las herramientas, controles y accesos que ofrece el dispositivo.
- Manejo de memoria.
- Soporte de sincronización con un equipo de escritorio.
- Se puede trabajar sin estar conectado a la red.

Algunas Desventajas son:

- Se deben desarrollar diferentes versiones para cada sistema operativo.
- Se deben instalar manualmente en cada equipo.
- No pueden soportar gran almacenamiento de información.

2.7.2 Soluciones On-Line

Una aplicación móvil On-Line es en realidad una solución a través de Internet, utilizando páginas web o WAP para la interfaz de la misma en el equipo, y toda ejecución se realiza en el servidor. [5]

En este caso se puede lograr una mayor compatibilidad que en las soluciones Stand-alone, dado a que un mismo lenguaje, por ejemplo el HTML es comprendido por varios dispositivos.

No obstante, no existe un solo lenguaje actualmente difundido en dispositivos móviles, existen *WML*, *HTML*, *cHTML*, *xHTML*, que tienen sus pequeñas diferencias, y dentro del mismo lenguaje, existen pequeñas variantes para cada modelo de teléfono

celular. A Continuación se explicará de manera breve cada uno de estos lenguajes.

WML El Lenguaje de Marcado Inalámbrico (Wireless Markup Language) es un metalenguaje cuyo origen es el XML utilizado para crear páginas web para dispositivos móviles y asistentes digitales personales (PDA'S) que cuentan con tecnología WAP para el acceso a la red por medio de la red de telefonía celular.

HTML El Lenguaje de Marcado de Hiper Texto (Hiper Text Markup Language) es el lenguaje por excelencia para crear páginas web convencionales, las cuales pueden ser accesadas desde cualquier navegador web. HTML puede describir la apariencia de una página web y por medio de Scripts el comportamiento de ciertos exploradores.

cHTML El Lenguaje de Marcado de Hiper Texto Compacto (compact HTML) es una versión reducida, o un subconjunto del lenguaje HTML original, especializado para realizar páginas simples web para dispositivos móviles, los cuales se pueden visualizar a través de celulares. cHTML no soporta imágenes, tablas, macros, ni fuentes. Solo proporciona la manera de visualizar texto en pequeñas pantallas.

xHTML El lenguaje Extendible de Marcado de Hiper Texto (xHTML en inglés) se desarrolló pensando en que fuera el sustituto de HTML para la creación de páginas web. La finalidad de xHTML es crear un lenguaje para la creación de páginas que cumpla con una forma más estricta como lo es XML, dejando a un lado la apariencia de la página web, encargando esta parte al navegador o al dispositivo (PC, PDA o Celular), y el comportamiento a Scripts de forma separada.

Las Desventajas de utilizar aplicaciones on-line son:

- No se puede acceder a capacidades de bajo nivel del equipo.
- Se necesita estar conectado para poder utilizarlo.
- No se puede utilizar todos los controles de ingreso disponibles en el equipo, sólo los propuestos por el lenguaje en cuestión.
- Ejecución más lenta, pues se debe cargar la información desde el servidor.

2.7.3 Soluciones Smart Client.

Una aplicación Smart client o cliente inteligente, junta lo mejor de los mundos Stand-Alone y On-line. Este tipo de solución consta de aplicaciones que se distribuyen e instalan en los equipos, pero también utilizan la conexión para comunicarse con un servidor. [5]

La inteligencia radica en que la aplicación deberá de ser capaz de seguir ejecutándose aún cuando el equipo pierda la conexión con el servidor (generando buffers de información por ejemplo).

Algunas ventajas de utilizar Smart Clients:

- Junta las ventajas de las aplicaciones Stand-Alone y On-Line.
- Permite consultar grandes capacidades de información y hacer uso de sus funciones de bajo nivel de los equipos.
- Permite seguir trabajando cuando el equipo se desconecta.

Algunas desventajas de este tipo de aplicaciones son:

- Es más difícil pensar a la hora de desarrollar como trabajará la aplicación on-line u off-line sin que el usuario pueda percibir la diferencia.
- Se debe crear cada cliente basándose en cada tipo y versión de sistema operativo.
- Se debe distribuir e instalar el cliente en todos los equipos.

Alguna oportunidad de desarrollar aplicaciones de este estilo disminuyendo la problemática de la distribución de versiones para los Sistemas Operativos, sería la utilización de la Máquina Virtual de JAVA junto con el lenguaje de programación Java Micro Edition.

A continuación se mostrará una tabla comparativa acerca de las tres soluciones discutidas anteriormente.

	Stand Alone	On-Line	Smart Client
Acceso a la Red	No Requerido	Requerido	Requerido en ocasiones
Procesamiento de Datos	En el Dispositivo	En los Servidores	En el Dispositivo y Servidores
Velocidad de Ejecución	Ejecución Velóz	Ejecución Lenta	Ejecución Veloz
Instalación	Manual	No necesaria	Manual u On-line
Uso de herramientas del dispositivo	Total	No existe al ser solo despliegue de información	Total.

Tabla 2.2: Comparación de Soluciones Móviles.

A continuación hablaremos de los dos lenguajes de programación de mayor utilización en la actualidad para la realización de aplicaciones para dispositivos móviles: **JAVA y Visual Studio.NET de Microsoft.**

2.8 Lenguajes de Programación para Dispositivos Móviles

En esta sección se realizará una reseña acerca de los dos lenguajes de programación más populares para el desarrollo de aplicaciones móviles: Java de Sun Microsystems en su versión Micro Edition, y Visual Studio .NET de Microsoft.

2.8.1 .NET

Visual Studio.Net es la herramienta de Desarrollo de Software más conocida de Microsoft y a partir de su versión 2003 permite crear aplicaciones para Pocket PC y Smart Device Applications para dispositivos móviles bajo un mismo formato y las características de una aplicación Windows normal. [5]

El .NET Compact Framework es una pieza clave en la tecnología de Microsoft para aplicaciones móviles. Aporta las principales características para dispositivos electrónicos como un modelo de programación unificado con el .NET Framework tanto para PC como para servidor, soporte integral de servicios Web XML, acceso a bases de datos corporativas usando ADO.NET y XML, y avanzadas bibliotecas de clases que permitan a los desarrolladores construir potentes aplicaciones en poco tiempo. Las características del .Net Framework como la gestión de código y compilaciones just-in-time aseguran la fiabilidad, aplicaciones de alta calidad de realización para una mejor experiencia del usuario.

.NET Compact Framework se complementa con otras tecnologías como la versión 2.0 de SQL Server 2000 de la Edición CE de Windows de Microsoft, y Mobile Internet de toolkit Microsoft (MIT.). SQL Server para Windows CE es la base de datos relacional compacta para un desarrollo rápido de aplicaciones que extiendan las posibilidades de datos empresariales a dispositivos inteligentes. El lanzamiento de SQL Server para Windows CE es la única base de datos móvil que se integra con .NET Compact Framework, permitiendo localizar datos, establecerlos y extraerlos con seguridad para interactuar con aplicaciones back-end o servicios Web. El Mobile Internet Toolkit de Microsoft ofrece un amplio alcance para proyectos de aplicaciones a cualquier tipo de dispositivo móvil con un navegador. La experiencia de desarrollo para estas tecnologías está unificada gracias a Visual Studio .NET de Microsoft, que proporciona un conjunto consistente de herramientas e interfaces para construir aplicaciones usando las tecnologías móviles de Microsoft.

El modelo de programación e IDE a través de servidor, PCs y ahora dispositivos móviles asegura que los desarrolladores .NET pueden reutilizar sus actuales conocimientos a soluciones móviles.

Visual Studio.Net provee también herramientas de desarrollo para portales web ASP.NET Móviles, los cuales son utilizados como aplicaciones On-Line para los

dispositivos celulares y PDA's. Por medio del Middleware que proporciona esta tecnología de ASP.NET Mobile Web Application, el portal se puede ajustar a las capacidades de despliegue de información del dispositivo que lo está invocando.

2.8.2 Java Micro Edition

La empresa Sun Microsystems lanzó a mediados de los años 90 el lenguaje de programación Java que, aunque en un principio fue diseñado para generar aplicaciones que controlaran electrodomésticos como lavadoras, frigoríficos, etc, debido a su gran robustez e independencia de la plataforma donde se ejecutase el código, desde sus comienzos se utilizó para la creación de componentes interactivos integrados en páginas Web y programación de aplicaciones independientes. Estos componentes se denominaron applets y casi todo el trabajo de los programadores se dedicó al desarrollo de éstos. Con los años, Java ha progresado enormemente en varios ámbitos como servicios HTTP, servidores de aplicaciones, acceso a bases de datos (JDBC).

Como vemos Java se ha ido adaptando a las necesidades tanto de los usuarios como de las empresas ofreciendo soluciones y servicios tanto a unos como a otros. Debido a la explosión tecnológica de estos últimos años Java ha desarrollado soluciones personalizadas para cada ámbito tecnológico. Sun ha agrupado cada uno de esos ámbitos en una edición distinta de su lenguaje Java. Estas ediciones son Java 2 Standard Edition, orientada al desarrollo de aplicaciones independientes y de applets, Java 2 Enterprise Edition, enfocada al entorno empresarial y Java 2 Micro Edition, orientada a la programación de aplicaciones para pequeños dispositivos

La edición Java 2 Micro Edition fue presentada en 1999 por Sun Microsystems con el propósito de habilitar aplicaciones Java para pequeños dispositivos. En esta presentación, lo que realmente se enseñó fue una primera versión de una nueva Java Virtual Machine (JVM) que podía ejecutarse en dispositivos Palm. Podemos decir que Java Micro Edition es la versión del lenguaje Java que está orientada al desarrollo de aplicaciones para dispositivos pequeños con capacidades restringidas tanto en pantalla gráfica, como de procesamiento y memoria (teléfonos móviles, PDA's, Handhelds, Pagers, etc). La tardía aparición de esta tecnología, (dado a que la tecnología Java nació a mediados de los 90 y Java Micro Edition apareció a finales), puede ser debido a que las necesidades de los usuarios de telefonía móvil ha cambiado mucho en estos últimos años y cada vez demandan más servicios y prestaciones por parte tanto de los terminales como de las compañías. J2ME es la tecnología del futuro para la industria de los dispositivos móviles. Actualmente las compañías telefónicas y los fabricantes de móviles están implantando los protocolos y dispositivos necesarios para soportarla. [4]

A continuación se van a presentar los conceptos que aparecen en el ámbito de Java con la tecnología J2ME, los cuales son básicos para entender el alcance y las capacidades de esta edición de Java.

Como se dijo anteriormente, J2ME está pensado para cubrir un gran número de dispositivos con características muy diversas, por lo tanto demanda una arquitectura capaz de gestionar de manera adecuada las funcionalidades disponibles en los dispositivos. Es evidente que las capacidades con las que cuenta un dispositivo embebido en un electrodoméstico tiene capacidades más limitadas que un teléfono celular, lo que obliga a proveer diferentes grupos de clases para cubrir cada uno de los grupos de dispositivos. Java Micro Edition, para cubrir estas necesidades se conforma de una *máquina virtual*, *configuraciones*, *perfiles*, y ciertos paquetes opcionales.

La siguiente imagen muestra la estructura de la plataforma Java actualmente

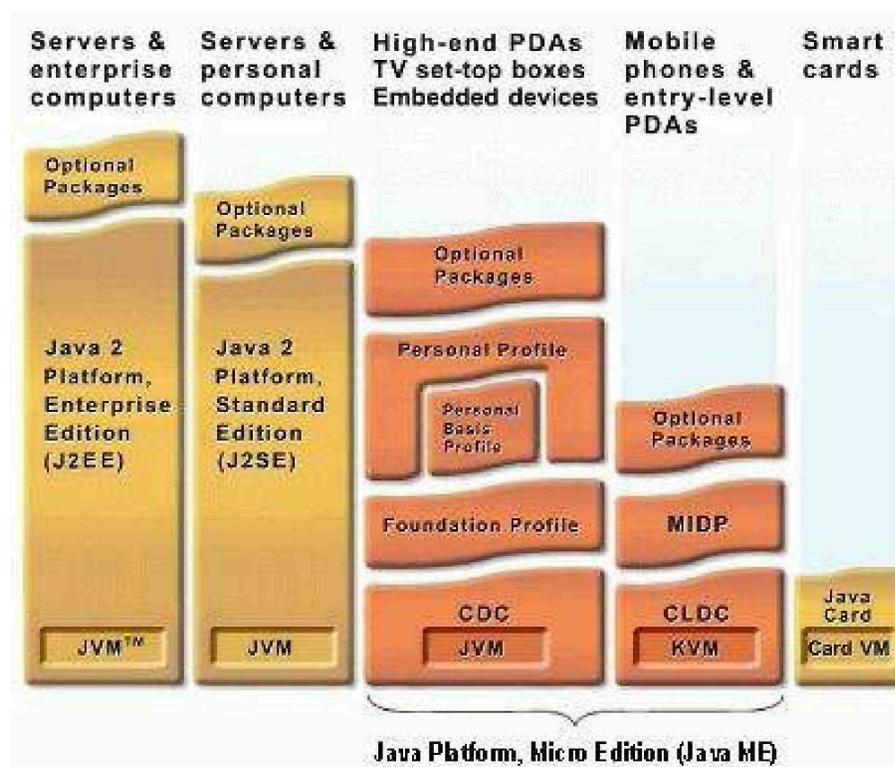


Figura 2.1: Arquitectura Plataforma Java

Como se puede observar en la figura, en todas las versiones de Java, la base está conformada por la *Máquina Virtual*, la cual se encarga de interpretar los códigos generados por el compilador de Java, en la sección para máquinas de escritorio y servidores se encuentra arriba de la máquina virtual la tecnología Java común y los paquetes adicionales que agregan funcionalidad.

En la Sección de Java Micro Edition, se puede observar 2 divisiones, los cuales están determinados por las configuraciones de J2ME, y cada una de éstas cuenta con los perfiles necesarios para el desarrollo de las aplicaciones.

Las configuraciones de Java Micro Edition son un conjunto de clases básicas orientadas cuya función es ser la base de las implementaciones para dispositivos de características específicas. Existen 2 configuraciones definidas en J2ME: *Connected Limited Device Configuration* (CLDC) y *Connected Device Configuration* (CDC).

Los Perfiles de Java Micro Edition son bibliotecas específicas para ejecutar tareas de un nivel más alto, es decir, estas APIs están orientadas a determinar un ámbito de aplicación para una determinada configuración de J2ME dependiendo del dispositivo en el que se ejecutará el programa.

A continuación se describirá más a fondo lo que son las Configuraciones y los Perfiles en Java Micro Edition.

Configuraciones

Se ha mencionado en la sección anterior lo que es una Configuración de Java Micro Edition. Una Configuración es un conjunto de APIs que permiten el desarrollo de aplicaciones para ciertos dispositivos, describiendo las características comunes entre los dispositivos.

Existen dos configuraciones en J2ME: *CDC* para dispositivos móviles que cuentan con una conexión a la red mas permanente, con capacidades no tan limitadas como un celular, y *CLCD* diseñado para equipos móviles con mayores limitantes.

1. **CDC Connected Limited Configuration.** La CDC está orientada a dispositivos con cierta capacidad computacional y de memoria. Por ejemplo, decodificadores de televisión digital, televisores con Internet, algunos electrodomésticos y sistemas de navegación en automóviles. CDC usa una Máquina Virtual Java similar en sus características a una de J2SE, pero con limitaciones en el apartado gráfico y de memoria del dispositivo. Esta Máquina Virtual es la que hemos visto como CVM (Compact Virtual Machine). La CDC está enfocada a dispositivos con las siguientes capacidades:

- Procesador de 32 bits.
- Disponer de 2 Mb o más de memoria total, incluyendo memoria RAM y ROM.
- Poseer la funcionalidad completa de la Máquina Virtual Java2.
- Conectividad a algún tipo de red.

2. **CLDC Connected Limited Device Configuration.**

La CLDC está orientada a dispositivos dotados de conexión y con limitaciones en cuanto a capacidad gráfica, cómputo y memoria. Ejemplos de éstos dispositivos son: teléfonos móviles, localizadores (pagers), PDAs, organizadores

personales, etc. Se ha dicho que CLDC está orientado a dispositivos con ciertas restricciones. Algunas de éstas restricciones vienen dadas por el uso de la KVM (Kilobyte Virtual Machine), necesaria al trabajar con la CLDC debido a su pequeño tamaño. Los dispositivos que usan CLDC deben cumplir los siguientes requisitos:

- Disponer entre 160 Kb y 512 Kb de memoria total disponible. Como mínimo se debe disponer de 128 Kb de memoria no volátil para la Máquina Virtual Java y las bibliotecas CLDC, y 32 Kb de memoria volátil para la Máquina Virtual en tiempo de ejecución.
- Procesador de 16 o 32 bits con al menos 25 Mhz de velocidad.
- Ofrecer bajo consumo, debido a que éstos dispositivos trabajan con suministro de energía limitado, normalmente baterías.
- Tener conexión a algún tipo de red, normalmente sin cable, con conexión intermitente y ancho de banda limitado (unos 9600 bps).

Perfiles

Se mencionó anteriormente lo que es un Perfil en Java Micro Edition. Enriqueciendo lo visto con anterioridad se puede decir que un perfil es el encargado de controlar el ciclo de vida de la aplicación, la interfaz con el usuario, etc. Un componente muy importante en un perfil, es el conjunto de librerías que se encarga de la interfaz gráfica. Aquí se puede observar por ejemplo, un perfil para las interfaces gráficas de un teléfono celular con todas las limitantes de pantalla, hasta un perfil para la interfaz de una pantalla táctil de una PDA.

Un perfil de J2ME se construye sobre una configuración predeterminada, permitiendo tener un mayor control en el desarrollo de la aplicación acorde con el dispositivo móvil, sus capacidades y limitantes. Es por eso que existen diversos perfiles para la configuración *CDC* y *CLDC*.

Los perfiles que se tienen con la configuración *CDC* son los siguientes:

- Foundation Profile. Este perfil define una serie de APIs sobre la CDC orientadas a dispositivos que carecen de interfaz gráfica como, por ejemplo, decodificadores de televisión digital. Este perfil incluye gran parte de los paquetes de la J2SE, pero excluye totalmente los paquetes "java.awt" Abstract Windows Toolkit (AWT) y "java.swing" que conforman la interfaz gráfica de usuario (GUI) de J2SE.
- Personal Profile. El Personal Profile es un subconjunto de la plataforma J2SE v1.3, y proporciona un entorno con un completo soporte gráfico AWT. El objetivo es el de dotar a la configuración CDC de una interfaz gráfica completa, con capacidades web y soporte de applets Java

- RMI Profile. Este perfil implementa el conjunto de librerías de Java SE para el uso de RMI en las aplicaciones.

y para la configuración *CLDC* son los siguientes:

- PDA Profile. El PDA Pretende abarcar PDAs de gama baja, tipo Palm, con una pantalla y algún tipo de puntero (ratón o lápiz) y una resolución de al menos 20000 pixeles.
- Mobile Information Device Profile (MIDP). Este perfil fue el primer perfil definido para esta plataforma. MIDP está orientado para dispositivos con las siguientes características:
 - Reducida capacidad computacional y de memoria.
 - Conectividad limitada.
 - Capacidad gráfica muy reducida.
 - Entrada de datos alfanumérica reducida.
 - 128 Kb de memoria no volátil para componentes MIDP.
 - 8 Kb de memoria no volátil para datos persistentes de aplicaciones.
 - 32 Kb de memoria volátil en tiempo de ejecución para la pila Java.

Los tipos de dispositivos que se adaptan a estas características son: teléfonos móviles, localizadores o PDAs de gama baja con conectividad.

2.9 Conclusiones

En este capítulo se pudo observar los conceptos básicos que son relevantes para el desarrollo de este trabajo, partiendo desde lo que son los teléfonos celulares inteligentes, el problema que aún existe para el desarrollo de software en éstos dispositivos debido a la gran variedad de Sistemas Operativos y capacidades de cada modelo.

También se discutieron los diferentes estilos para desarrollar software para dispositivos móviles, dependiendo de la necesidad de información se puede optar por una aplicación "on line", "stand alone" o instalable en el celular, o un modelo de software inteligente o "smart clients" que es una combinación de ambas aprovechando la capacidad de cómputo del dispositivo móvil y de la necesidad de comunicación en red. Así como una breve reseña de los dos lenguajes de programación más populares para el desarrollo en éstos dispositivos.

Para el desarrollo de este trabajo se opta por un lenguaje de programación que proporcione una mayor cobertura en los dispositivos móviles, facilidad de portabilidad del software entre los equipos, por lo que se prefirió utilizar Java Micro Edition, en vez de Microsoft .NET el cual necesita una implementación de su framework para

que funcione en otro sistema operativo diferente a Microsoft Mobile o CE, en caso contrario de Java, la máquina virtual para dispositivos móviles se puede encontrar para un mayor conjunto de dispositivos, permitiendo así la funcionalidad en un mayor número de equipos.

Acerca de los tipos de desarrollo para dispositivos móviles se puede optar por hacer un Smart client, dado a que no es posible realizar un trabajo de acceso a biblioteca digital sin el acceso a la red, por lo que un cliente Stand Alone no es una opción válida para el desarrollo de este trabajo.

El desarrollo de tipo online tampoco es una opción de desarrollo ya que el cliente necesita tener cierto tipo de cómputo como lo es el almacenamiento de datos en el dispositivo, por lo que no es una opción válida, ya que no se podría acceder a los recursos del dispositivo.

Dados los puntos anteriores se opta para hacer el desarrollo de este sistema utilizar la tercera opción para el desarrollo de software móvil, el cual es un cliente inteligente o "smart client", el cual utiliza las ventajas de los dos tipos de desarrollo anteriores. Aprovecha la capacidad de cómputo y el acceso a los recursos del dispositivo como lo es: cámara fotográfica, grabador de audio, sistema de archivos, y el acceso a red y el cómputo en servidores externos para operaciones más costosas y demandantes.

Especificando esto, se puede decir que el trabajo que se va a realizar puede revolucionar el panorama del acceso móvil a las bibliotecas digitales personales, pues se propone una forma de tener servicios que permitan el uso de dichas bibliotecas desde dispositivos celulares de tercera generación, debido a que éste tipo de dispositivos cuentan con la capacidad de ingresar a la red de banda ancha móvil por medio de la red celular de tercera generación, disminuyendo así los costos de acceso a la red, y permitiendo una flexibilidad con respecto a la descarga de información al teléfono.

Capítulo 3

Diseño de la Adaptación de Servicios de Biblioteca Digital

3.1 Introducción

En este capítulo se discutirá acerca de las estrategias para la adaptación de los servicios de biblioteca digital personal para el acceso y uso de los mismos en teléfonos celulares de tercera generación, también se describirá el panorama actual de PDLib como proyecto base para la implementación de este trabajo.

Ofrecer el acceso a los servicios de biblioteca digital desde cualquier lugar, sin duda alguna es una ventaja importante para los usuarios, pues le permitiría el acceso a la información de su interés para la toma de decisiones.

Los servicios que se desean adaptar para un acceso desde un dispositivo celular de tercera generación son:

- Autenticación.
- Navegación en colecciones.
- Recuperación de Documentos.
- Creación de Documentos.
- Búsqueda simple en bibliotecas.

Ofreciendo estos servicios que son básicos para el manejo de una biblioteca digital personal se podrá aprovechar la tecnología resultante del avance en telefonía celular, como lo son un acceso a red con ancho de banda igual o mayor 1.5 Gbps, el aumento día a día de la capacidad de procesamiento de los dispositivos, el manejo de tarjetas de memoria para el almacenamiento de datos, etc.

En la siguiente sección se hablará del panorama de PDLib y las soluciones al

problema de adaptación de los mencionados servicios para poder ofrecerlos en un ambiente móvil, específicamente en teléfonos celulares de tercera generación.

3.2 PDLib

PDLib es un proyecto en desarrollo por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey el cual tiene como propósito garantizar el acceso a los usuarios a sus bibliotecas digitales desde cualquier dispositivo computacional, es decir con *acceso universal*

PDLib es una Biblioteca Digital Personal, la cual provee a sus usuarios un repositorio para su información con la capacidad de poder administrar la organización de los mismos y el control de acceso a sus documentos personales, permitiendo así tener un nivel de seguridad proporcionado por el usuario para compartir sus propios documentos[12]. De la misma manera en PDLib, como en cualquier biblioteca digital se pueden realizar búsquedas de información, visualizar metadatos de los documentos, recuperar el documento.

A continuación se enlistarán los servicios que se ofrecen en PDLib basado en [12].

- **Operaciones CRUD** (Creation, Retrieve, Update, Delete). CRUD, por sus siglas en inglés, significa Creación, Recuperación, Actualización y Eliminación. Estas operaciones se utilizan para el manejo de bibliotecas, colecciones y documentos, en éste ultimo caso el proceso de *Creación* es el guardar el documento en sí, en la biblioteca digital.
- **Copiar o Mover Documentos y Colecciones.** Estas operaciones se utilizan para Duplicar o Cambiar un documento o un conjunto de documentos dentro de la estructura de la biblioteca digital.
- **Búsqueda de Documentos.** Dentro de PDLib existen diversos métodos de Búsqueda:
 - *Búsqueda Simple.* La cual se encarga de regresar los documentos que concuerden con la expresión de búsqueda.
 - *Búsqueda Avanzada.* La búsqueda avanzada busca expresiones dadas en los metadatos. Ejemplo: Un autor, un título o palabras claves.
 - *Búsqueda en Texto.* Este tipo de búsquedas regresa documentos que contengan la expresión dada dentro de su contenido.
 - *Búsqueda Recursiva.* Realiza búsquedas dentro de la estructura de una biblioteca, permitiendo así hacer búsquedas dentro de las diversas colecciones.
 - *Búsqueda en varias bibliotecas.* Se realiza la búsqueda de documentos de carácter público dentro de bibliotecas de otros usuarios.

- *Envío de Documentos.* En PDLib un usuario puede enviar a otro usuario de PDLib un documento que se encuentre en su librería.
- *Recuperación de Metadatos.* Este servicio refiere a la obtención y despliegue de la información que describe un documento.
- *Recuperación de Permisos de Documentos y Colecciones.* Para proveer un mecanismo de acceso a los documentos y prevenir el acceso no autorizado a los mismos. Un ejemplo de esto: La búsqueda en diversas librerías se realizará únicamente sobre documentos cuyos permisos sean públicos.

A continuación se mostrará una tabla clasificando los servicios que ofrece PDLib para sus usuarios.

	Usuario No Registrado	Usuario Registrado
Autenticación	No disponible	Disponible
Búsqueda Simple de Documentos	Disponible	Disponible
Búsqueda Avanzada de Documentos	Disponible	Disponible
Administración de Colecciones	No disponible	Disponible
Creación de Documentos	No disponible	Disponible
Descarga de Documentos	Disponible	Disponible
Eliminación de Documentos	No disponible	Disponible
Envío de Documentos	No disponible	Disponible
Recuperación de Metadatos	Disponible	Disponible

Tabla 3.1: Servicios de PDLib.

En las siguientes secciones se mostrará un panorama general de la arquitectura de PDLib actualmente y las adaptaciones de algunos de los servicios para el manejo de dispositivos celulares de tercera generación.

3.2.1 Arquitectura

En la figura 3.1 se muestra la arquitectura conceptual del Proyecto PDLib, y todas sus interacciones entre las diferentes capas del sistema [13].

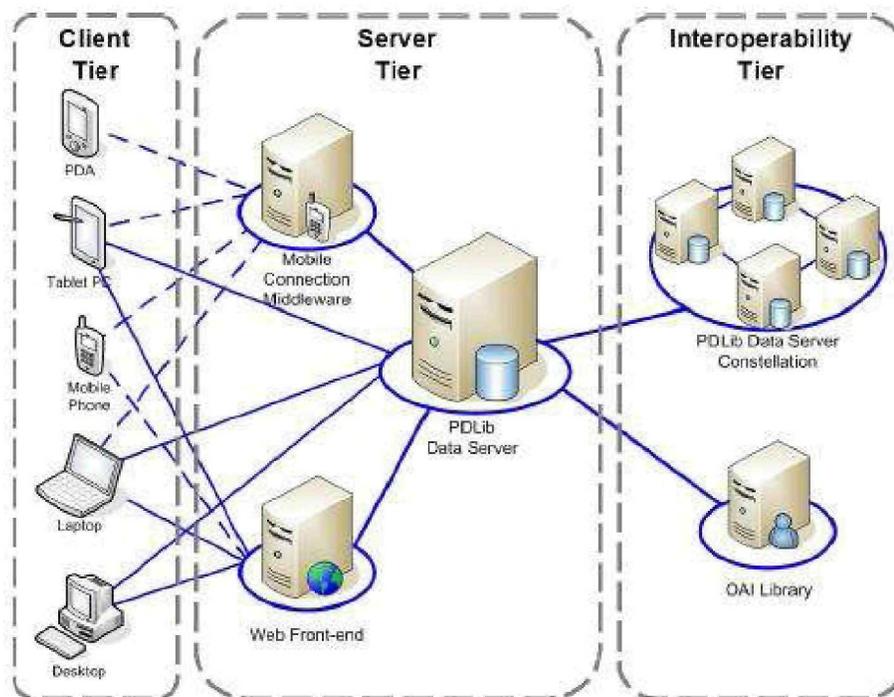


Figura 3.1: Arquitectura Conceptual del Sistema PDLib

Se puede observar que el proyecto cuenta con 3 componentes o capas principales: La capa de Clientes, La Capa de Servidores y La Capa de Interoperabilidad, los cuales se describen a continuación.

- Capa de Clientes. La capa de clientes incluye la variedad de dispositivos, los cuales pueden interactuar con PDLib.
- Capa de Servidores. La Capa de Servidores muestra la infraestructura de Servidores que ofrecen la funcionalidad y servicios a los clientes de PDLib. Estos servidores son: Data Server, Mobile Connection Middleware, y el Servidor Web (Web Front End).
- Capa de Interoperabilidad. La Capa de interoperabilidad incluye actualmente un conjunto o constelación de otros servidores de PDLib, un conjunto de servidores de biblioteca digital con protocolo OAI-MHP, Buscadores web de Google y Yahoo, y la posibilidad de interactuar con servidores DSPACE.

En la figura 3.2 se muestra más a detalle la arquitectura de PDLib, la cual es la base de las siguientes secciones, ya que se explicarán las capas del proyecto más a fondo y son las que proporcionan la capacidad de brindar los servicios a los diferentes clientes, ya sean web o móviles.

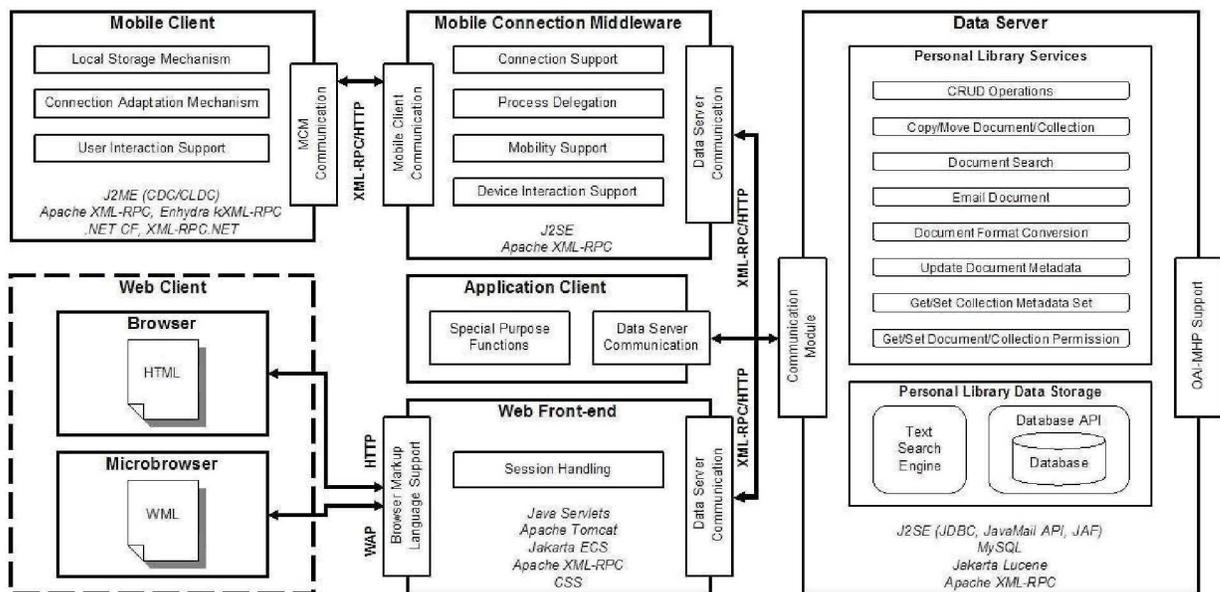


Figura 3.2: Arquitectura Detallada del Sistema PDLib

3.2.2 Data Server

El Data Server es el componente principal del proyecto (ver figura 3.2), es el que se encarga de almacenar documentos en la Base de Datos y responder las peticiones de los usuarios para el acceso a los mismos. Los clientes web tienen acceso directo al Data Server, y los Clientes móviles lo hacen a través del MCM. El Data Server ofrece las siguientes funcionalidades:

- **Servicios de Biblioteca Personal.** El Data Server permite realizar operaciones de creación, actualización, recuperación y borrado sobre los objetos de biblioteca digital (documentos, colecciones y metadatos). De la misma manera provee mecanismos para realizar búsquedas simples, en texto o en librerías de otros usuarios de PDLib. Ofrece funcionalidades de copiado y reubicación de documentos, envío de documentos a otros usuarios del sistema.
- **Almacenamiento de Datos Personales.** Se refiere al almacenamiento de los documentos en la biblioteca personal, indexando los documentos de texto mediante un motor de búsqueda basado en texto. Esto permite un mejor y más rápido acceso a la información almacenada a la hora de realizar búsquedas dentro de una biblioteca digital. El almacenamiento de información se ve protegida por un manejo de permisos de acceso a los contenidos de los usuarios mediante la clasificación de los documentos en *documentos públicos* y *documentos privados*.
- **Soporte OAI - MHP.** El Protocolo OAI - MHP, desarrollado por el Open Archive Initiative, es utilizado para compartir información de orden público por parte de PDLib con las diversas bibliotecas digitales, las cuales utilizan éste protocolo

como medio de comunicación. De la misma manera PDLib puede acceder a los contenidos de las librerías que ofrecen contenidos por éste medio.

- **Comunicación XML-RPC.** El servidor de datos de PDLib utiliza el protocolo XML-RPC, el cual es un llamado remoto a procedimientos el cual utiliza HTTP para la comunicación y XML como método de codificación del llamado. Los clientes se comunican con el Data Server mediante este protocolo para invocar sus procedimientos y así obtener los servicios. [14]
- **Búsquedas Google y Yahoo.** PDLib ofrece a sus usuarios registrados el poder realizar búsquedas de información a través de los motores de búsqueda web de Google y Yahoo, con los cuales se pueden guardar los documentos recuperados por dichos motores [15].
- **Interoperabilidad con Feeds.** El constante cambio y actualización de información en Internet es un campo de importancia en las bibliotecas digitales, razón por la cual PDLib permite la sindicalización y creación de Feeds de los datos de una biblioteca digital, permitiendo así que los diferentes usuarios se enteren de la actualización de información de su interés [15].
- **Interoperabilidad con Dspace.** DSPACE es un repositorio digital el cual es desarrollado por MIT y HP, el cual es una de las bibliotecas digitales con mayor importancia. La necesidad de compartir el conocimiento generado por las instituciones y las bibliotecas digitales creadas por DSPACE, lleva a PDLib a contar con un desarrollo que permite realizar búsquedas y recuperación de información con bibliotecas DSPACE y viceversa [16].

El modelo de datos de PDLib mostrado en la figura 3.3, indica que las bibliotecas en el sistema pueden tener una o más colecciones. Las Colecciones pueden tener documentos o más colecciones dentro de ella, asociándose un conjunto de metadatos a los mismos. Los metadatos son los descriptores de un documento con sus valores, un ejemplo de esto pueden ser el autor, el nombre del documento, las palabras claves o frases que describan el contenido.

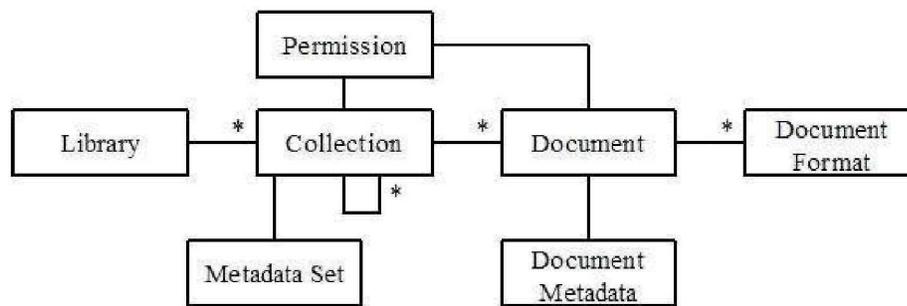


Figura 3.3: Modelo PDLib

3.2.3 MCM - Mobile Communication Middleware

Es el componente encargado de realizar la conexión entre los dispositivos móviles y el Data Server, dado a que los dispositivos móviles tienen capacidades de cómputo y de comunicación limitada.

Uno de los grandes problemas de PDLib es que el Data Server fue creado para aplicaciones y dispositivos con gran capacidad de cómputo y no para dispositivos móviles, razón por la cual se creó un Middleware para poder adaptar las capacidades del Data Server para éste tipo de dispositivos.

El MCM agrega al proyecto PDLib las siguientes funcionalidades:

- Soporte de Conexión. Es necesario realizar una adaptación al ancho de banda de los dispositivos móviles, ya que en ocasiones existe desconexiones en éstos ambientes.
- Delegación de Procesos. El MCM ejecuta funciones o procedimientos que requieren una alta capacidad de cómputo, capacidad que los dispositivos móviles tienen muy limitada.

A continuación se presenta el modelo de capas en el que está conformado el MCM:

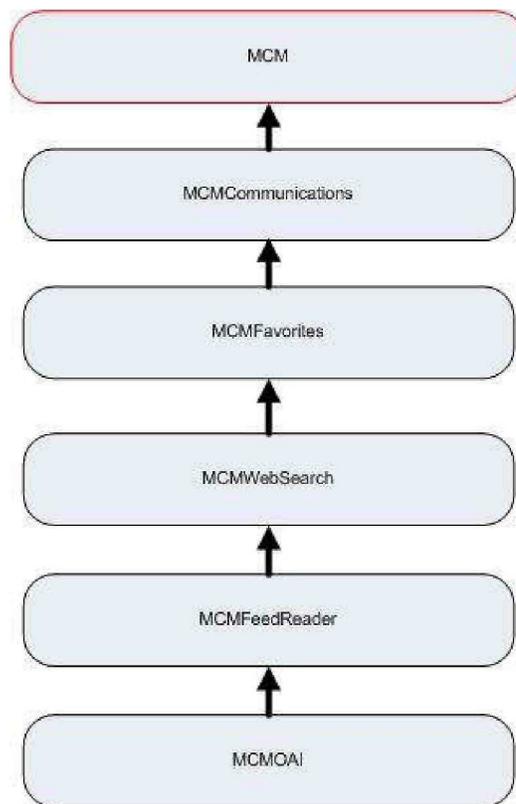


Figura 3.4: Modelo de Capas del MCM

Como se puede ver en la figura 3.4, la capa en la que se necesita agregar funcionalidad es la capa base llamada MCM, en la cual se invocan a las acciones básicas del Data Server, es decir las operaciones CRUD en colecciones y documentos.

3.2.4 Clientes

Los clientes son las interfaces para que el usuario pueda interactuar con el sistema de PDLib y acceder a sus bibliotecas personales. Entre los clientes podemos observar los clientes web que se conectan directamente con el Data Server, y los clientes móviles, los cuales realizan una conexión a través del MCM para acceder a los archivos necesarios.

Entre los clientes podemos incluir:

- **Clientes Móviles.** Los Clientes móviles son aquellos dispositivos que tienen una conexión inalámbrica, y además tienen capacidades de cómputo limitada, por lo que se necesita del Middleware de comunicación del proyecto PDLib - MCM, para poder obtener la información de las bibliotecas digitales.
- **Clientes Web.** Los Clientes Web son aquellos que dan los servicios de PDLib mediante un portal Web, en esta clasificación entran todos los dispositivos capaces

de desplegar páginas HTML y XML, con una conexión permanente y capacidad de cómputo no limitada. El Cliente web llamado webclient esta desarrollado en Java con XML-RPC para comunicarse con el Data Server, y necesita un servidor Web para su funcionamiento.

- Clientes de Aplicación. Estos tipos de clientes son desarrollados para instalarse y comunicarse de una forma más directa con el Servidor de Datos, permitiendo una mejor comunicación y capacidad de cómputo, ofreciendo una interfaz de usuario más rica que la que se puede ofrecer vía web. En PDLib existen dos aplicaciones de este tipo:
 1. Be Up Bin. Es un cliente enfocado a subir documentos a PDLib de forma masiva, creado en Java y utiliza XML RPC para la comunicación con el Data Server.
 2. Admin Client. Es el cliente de administración del proyecto PDLib, en el se maneja la Administración de usuarios y colecciones. Realizado en Java con XML RPC para la comunicación con el Data Server.

Pocket Client

El proyecto PDLib cuenta con un cliente móvil para dispositivos Pocket PC que funcionen bajo el Sistema Operativo Windows CE o Windows Mobile. El cliente está desarrollado bajo la plataforma .NET de Microsoft con el Framework .NET CompactFramework 2.0. Este cliente se comunica con el MCM para acceder a los servicios de PDLib y así acceder a los contenidos de la biblioteca digital con la restricción de que solo podrán utilizar la aplicación los usuarios registrados en el proyecto.

Los servicios que ofrece el Pocket Client a los usuarios se muestra en la tabla 3.1.

En la siguiente sección se hablará acerca de las adaptaciones que se realizaron para poder obtener los servicios de biblioteca digital en dispositivos celulares de Tercera Generación, y así poder abarcar un mayor número de usuarios de biblioteca digital, cubriendo la necesidad de poder tener información disponible en cualquier momento.

Servicio	Proposito
Autenticación	Poder utilizar el cliente.
Navegación	Poder recorrer la biblioteca digital del usuario, desplegando las diferentes colecciones y doctos.
Recuperación	Recuperar documentos que sean de importancia para el usuario y poder visualizarlos posteriormente
Búsqueda	Búsqueda Simple de documentos ofreciendo su descarga posterior.

Tabla 3.2: Servicios Ofrecidos por Pocket Client.

3.3 Adaptaciones de Servicios a Celulares de Tercera Generación

Para proveer los servicios de biblioteca digital a los dispositivos celulares de Tercera Generación es necesario adaptar los mismos de tal manera que soporten la posibilidad del ancho de banda, posibles desconexiones, envío de datos y capacidad de cómputo de los servicios. Para efectos de este trabajo, se utilizaran las capas de Servidores de PDLib, las cuales incluyen al Data Server y al Middleware de Comunicación Móvil. En éste último se tendrán que hacer adecuaciones a los servicios que se desean ofrecer para poder establecer una comunicación con los teléfonos celulares, y aprovechar lo que por su arquitectura conceptual ya soporta (soporte a Conexiones y Delegación de Procesamiento).

Los servicios que se proponen para el uso de bibliotecas digitales en teléfonos celulares se muestran en la tabla 3.2.

A continuación se hablará más a fondo estos servicios y que adaptaciones se deben de realizar para la adaptación de los mismos.

Servicio	Proposito
Autenticación	Poder utilizar servicios de usuario registrado. Ejemplo: Crear Documentos.
Navegación	Poder recorrer la biblioteca digital del usuario, desplegando las diferentes colecciones y doctos.
Recuperación	Recuperar documentos que sean de importancia para el usuario y poder visualizarlos posteriormente
Creación	Creación de documentos vía los dispositivos de cámara, audio, texto
Búsqueda	Búsqueda Simple de documentos como usuario no registrado y registrado, ofreciendo su descarga posterior.

Tabla 3.3: Servicios propuestos para Celulares de Tercera Generación.

3.3.1 Servicios

El ofrecer los servicios de biblioteca digital en dispositivos celulares de tercera generación abrirá un amplio campo de investigación ya que éstos dispositivos se encuentran en constante cambio y día a día aumentan sus capacidades de almacenamiento y de procesamiento. Esta es la razón por la cual este trabajo intenta hacer una aportación a éste campo.

En esta sección se expondrán más a detalle los servicios propuestos y las adecuaciones que se deben de hacer en las capas de Servidores del proyecto PDLib para poder soportar clientes en dichos dispositivos. En la figura 3.5 se muestra el proceso general de cómo se comunica el cliente de telefonía celular con el Servidor de Datos a través de la red.

El cliente se comunicará con el Middleware de Conexión Móvil, enviando las

peticiones del servicio al que se quiere acceder, con los parámetros necesarios para que el MCM pueda realizar los procesos requeridos y pedir la información al Data Server.

Una vez que el MCM realice todas las operaciones podrá invocar el servicio necesario al Data Server, el cual regresará el resultado y el MCM generará una respuesta óptima para enviar al cliente móvil, por ejemplo: paginación de resultados o dividir el contenido del documento solicitado en pequeños paquetes, etc.

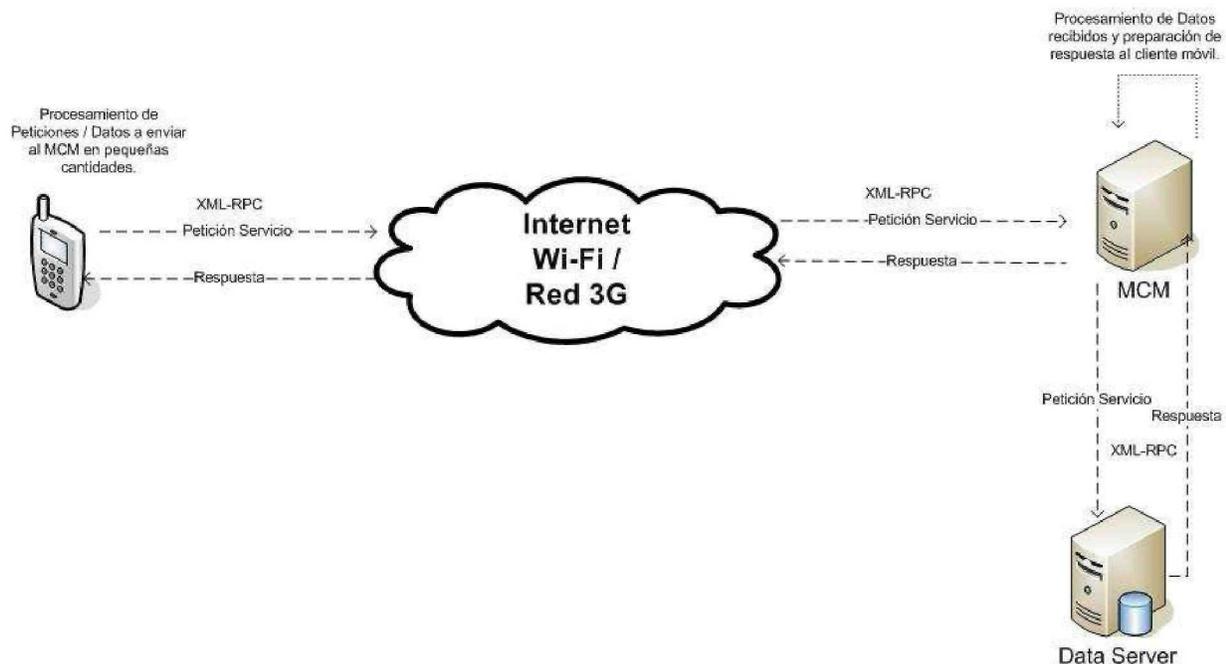


Figura 3.5: Diagrama General de Comunicación del prototipo

Como se puede observar en la figura 3.5 se decide utilizar la red de telefonía celular de tercera generación, la cual es acceso al internet móvil de banda ancha para la comunicación entre el cliente y el servidor, no se utilizaron otras tecnologías como Bluetooth debido a que la transmisión de datos sería en un espacio muy reducido. Cabe mencionar que dicha tecnología no cuenta con un desarrollo de seguridad de datos que permita el manejo de información confidencial de manera segura.

Autenticación

El servicio de autenticación servirá para identificar a un usuario que cuenta con una librería en PDLib, y así éste pueda acceder a sus documentos desde el cliente de teléfono celular. Al invocar este servicio el MCM asignará una sesión al usuario para que pueda realizar las operaciones que desee. El usuario al estar registrado obtendrá el derecho a navegar en su biblioteca personal, poder crear documentos, descargar los documentos de su librería y realizar búsquedas, contrario al usuario no registrado que sólo tendrá acceso a la búsqueda de información.

En la figura 3.6 se muestra el diagrama de petición del servicio de autenticación. El usuario deberá ingresar su username y password, una vez ingresado esto se enviará la petición al MCM con estos datos, el cual a su vez enviará la solicitud de autenticación al Data Server. Si el Data Server regresa una autenticación válida, el MCM creará una sesión al nuevo usuario y regresará un objeto de tipo sesión con el identificador numérico de la biblioteca que le pertenece al usuario. Una vez obtenido este número es posible obtener el contenido de la colección principal de la biblioteca digital.

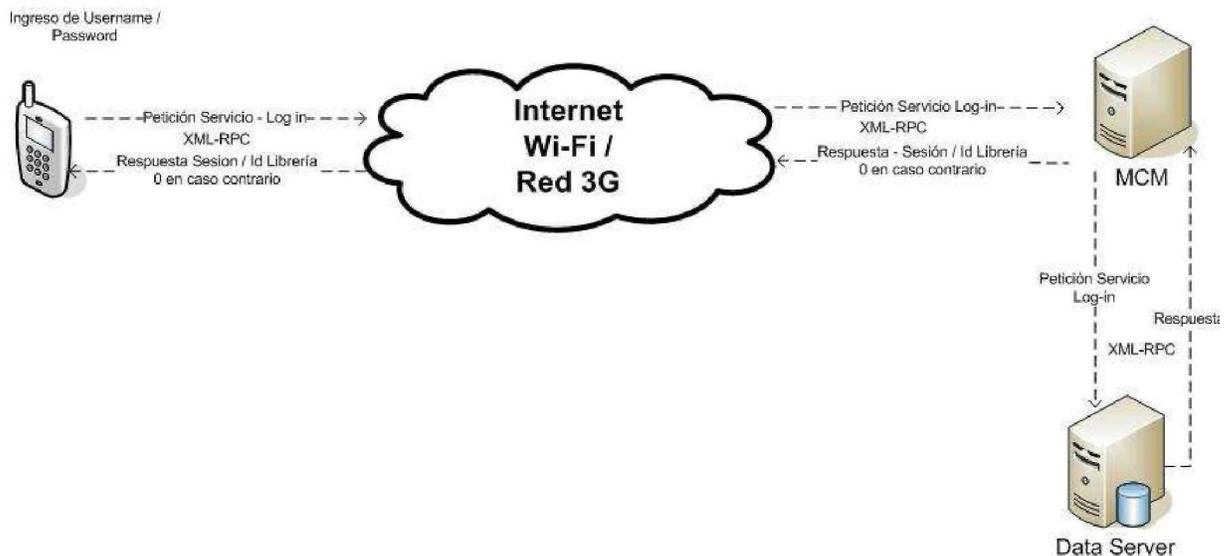


Figura 3.6: Diagrama Servicio de Autenticación

Navegación en Colecciones

El Servicio de Navegación se ofrecerá a los usuarios registrados para que puedan acceder a las colecciones y documentos que conformen su biblioteca digital. Un aspecto importante a considerar es el constante acceso a la red para hacer las peticiones de los contenidos de las colecciones. La solución propuesta es mantener un registro de cuales son las colecciones que el usuario va recorriendo para poder desplegar el contenido anterior en el caso de que el usuario realice una navegación inversa, así no se tendrá que hacer un acceso a la red cada vez que el usuario quería subir un nivel en la jerarquía de la organización de su librería.

En la figura 3.7 se muestra el proceso para obtener el contenido de una colección, en la cual una vez que el usuario tiene el número de id de la librería, se procederá a pedir el contenido de la colección raíz, denominada "home" en PDLib e identificada con el número 0, el cliente realiza un llamado al MCM para obtener el contenido de dicha colección enviando como parámetros el número de la librería y

el identificador de la colección. El MCM realizará el mismo llamado al Data Server, el cual responderá con la lista de identificadores y nombres de las colecciones que se encuentren dentro de la colección "home", de la misma manera se obtendrá la lista de los documentos que pertenezcan a dicha colección.

Una vez que el MCM cuenta con dicha información envía los resultados en un objeto llamado `CollectionResponse`, conteniendo los datos anteriormente mencionados. El Cliente móvil será capaz de recorrer las listas enviadas y desplegarlas para que el usuario decida si quiere ingresar a navegar en una de las colecciones o ver la información de algún documento.

En el caso de que el usuario decida ingresar a otra colección, se agregará el objeto `CollectionResponse` a una lista de navegación para poder regresar a su contenido sin tener que hacer un nuevo acceso a la red, y se repetirá el proceso de envío de la petición con el identificador de la nueva colección que se quiere desplegar.

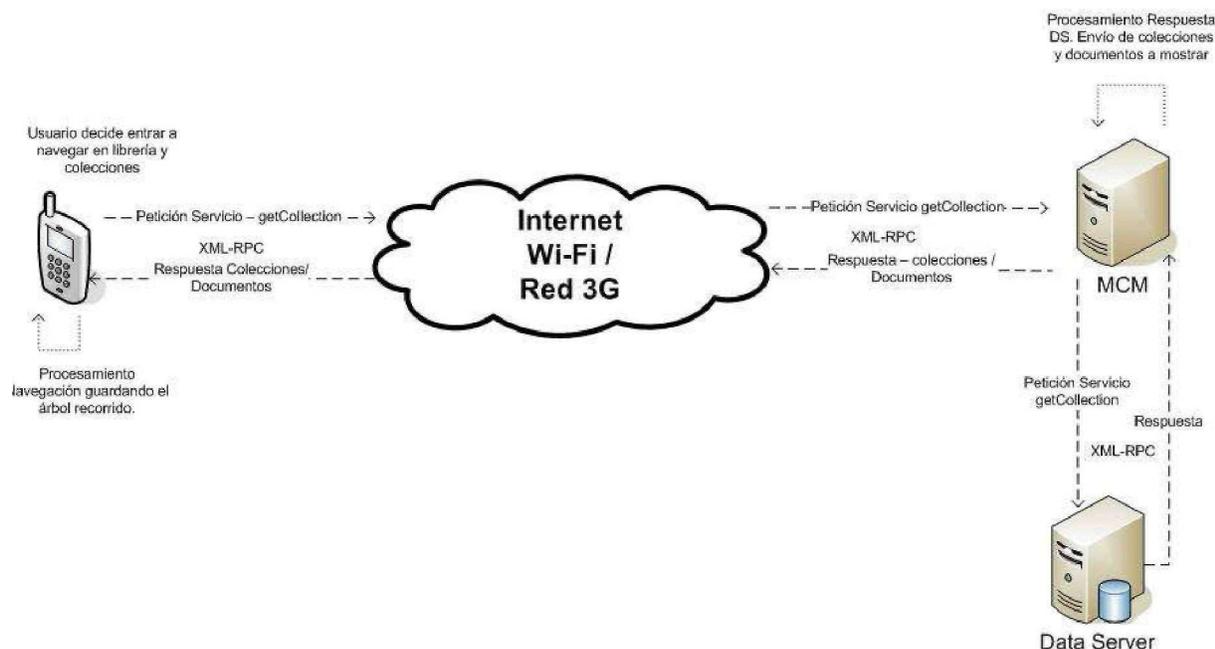


Figura 3.7: Diagrama Servicio de Navegación

Recuperación de Documentos

Recuperar la información es un servicio necesario en bibliotecas digitales. El servicio que se propone es dar la capacidad al usuario de almacenar los documentos que se encuentren en la biblioteca digital en el dispositivo móvil para que pueda consultarse el documento posteriormente.

Para poder ofrecer este servicio se diseñó un esquema que permita grabar la información recuperada por parte del Servidor de Datos (Data Server) directamente dentro del directorio de archivos del teléfono celular. Esta operación se realiza mediante un API (Application Programming Interface) de java JSR75 [18] el cual permite el acceso de escritura y lectura al Sistema de Archivos del dispositivo móvil.

En la figura 3.8 se muestra un diagrama en el cual se puede observar los procesos que se siguen para la recuperación de un documento en el dispositivo móvil.

Una vez que el usuario ha elegido descargar un documento de la biblioteca digital, el cliente móvil procederá a solicitar la descarga del archivo para poder almacenarlo. El cliente envía una solicitud de documento con los identificadores del archivo, colección y librería correspondiente, el MCM recibe dicha solicitud y procesa los datos para poder solicitar la información al Data Server.

El Data Server se encargará de buscar la información solicitada, y la enviará en un objeto Document al MCM. Una vez que el MCM recibe dicha información, y regresa un resultado con el tamaño total de archivo al cliente móvil, mientras comienza a dividir el contenido del archivo en pequeños segmentos.

Cuando el cliente móvil recibe la información del tamaño total del archivo y verifica que si puede almacenarlo, el cliente comenzará a solicitar los segmentos del archivo mediante la petición `getDocumentSegment`, los cuales deberá ir almacenando en el Sistema de Archivos para conjuntar el archivo original.

Una vez finalizada la transmisión de todos los segmentos de los archivos, el archivo se encontrará almacenado dentro del dispositivo móvil para una posterior consulta, y los espacios de memoria reservados tanto en el MCM como en el cliente móvil se destruirán para liberar la capacidad de procesamiento y de memoria.

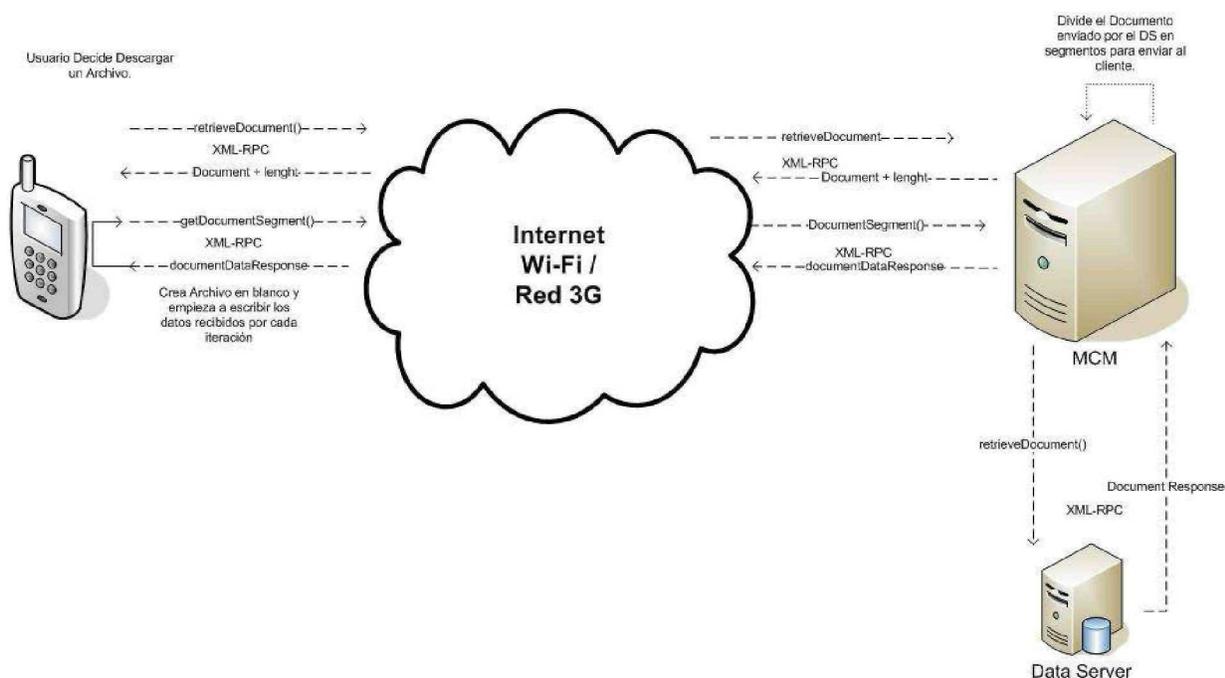


Figura 3.8: Diagrama Servicio de Recuperación de Documentos

Creación de Documentos

La creación de documentos o almacenamiento de documentos es uno de los principales servicios de biblioteca digital, pues nos permite aumentar nuestra información almacenada para una consulta posterior. En el proyecto PDLib esta función no se tenía contemplada para dispositivos móviles, dado a que el Pocket Client es considerado un cliente de sólo consulta.

El poder ofrecer este servicio en un dispositivo celular nos ofrece las siguientes ventajas:

- Crear documentos de texto simple en cualquier momento, podremos tomar notas importantes desde nuestro dispositivo móvil y podremos almacenarlas en nuestra biblioteca digital de manera inmediata.
- Crear documentos de audio a través del dispositivo móvil, el contar con este tipo de servicio e interactuar con el grabador de sonidos nos permitirá crear archivos de audio que sean de importancia para el usuario, un ejemplo de esto: grabar el sonido de ciertos animales para un estudio posterior.
- Crear imágenes a través de la cámara del dispositivo, permitiéndonos así captar imágenes al momento y enviarlas a la biblioteca digital para su almacenamiento.

- Almacenar archivos que se encuentren dentro del sistema de archivos del dispositivo móvil, esta característica nos da la opción de poder enviar cualquier archivo que se tenga almacenado en el teléfono celular, por ejemplo videos, presentaciones, archivos de una longitud mayor a la que nos permite crear la aplicación "en el instante" . Esta característica nos permite poder tomar videos, grabar audios y fotografías con mayor definición y con un mayor tamaño de archivo sin la restricción del uso de memoria reservada para los programas en ejecución.

En la figura 3.9 se muestra el diagrama general de como se crea un archivo en PDLib desde el dispositivo móvil. Cuando el usuario desea enviar un archivo a PDLib, como se mencionó anteriormente puede crear el archivo desde la aplicación o seleccionar alguno que ya exista dentro del sistema de archivos del dispositivo, en el primer caso el archivo se creará con ayuda del API JSR 135 [17] el cual es un API de Java que permite el acceso y control de los servicios multimedia que ofrece un dispositivo móvil.

Una vez que se tiene el archivo creado en memoria, o se tiene la ubicación física en el sistema de archivos, del archivo a enviar, se procederá a enviar al MCM una petición de reserva de memoria con la longitud total del archivo a almacenar. El MCM creará un espacio de memoria en el cual se almacenará toda la información relacionada con el documento.

Una vez que el MCM ha reservado la memoria enviará una notificación al cliente móvil de que se realizó la reserva con éxito, para que el teléfono móvil proceda a dividir el archivo en pequeños fragmentos para que el dispositivo sea capaz de procesarlo y enviarlos por la red sin ningún problema.

Cuando el cliente termine de enviar el último segmento del documento, procederá a enviar la información con la que se identificará al archivo dentro de la biblioteca digital (Metadatos). Esta información se define a continuación:

- *Nombre del Archivo*. Este será el nombre con el que se grabará el archivo dentro de la biblioteca digital.
- *Autor*. Dato que identifica la persona que creó el documento.
- *Palabras Claves*. Palabras que describen el contenido del documento.
- *Resumen*. Contenido del documento resumido de tal forma que se obtenga una idea general del archivo.

Otra información que se envía al momento de crear el archivo son los identificadores de la colección y librería en donde se almacenará el mismo.

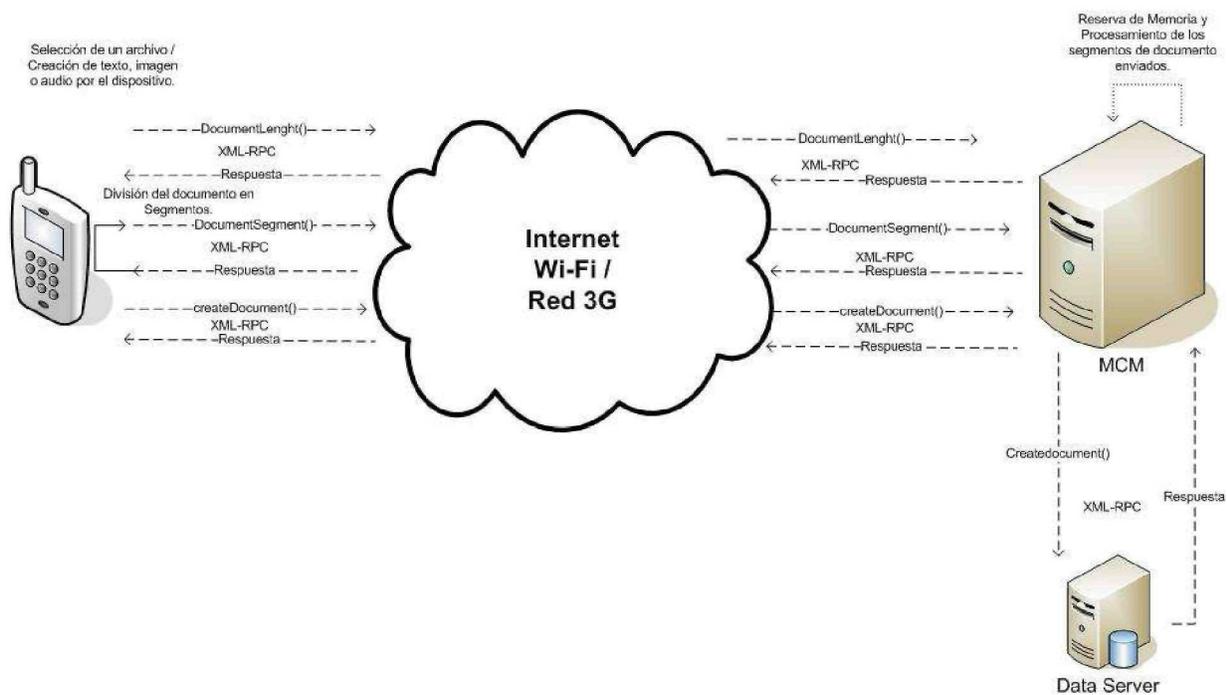


Figura 3.9: Diagrama Servicio de Creación de Documentos

Búsquedas Simples

El servicio de búsquedas permitirá al usuario poder buscar información dentro de su biblioteca digital, o en la información compartida dentro de las bibliotecas digitales de otros usuarios. De esta manera se podrá tener acceso a documentos creados por otras personas, se podrán descargar y poder consultar posteriormente.

En la figura 3.10 se presenta el diagrama general de cómo se realizarán las búsquedas dentro del cliente móvil. El Usuario seleccionará de una lista un conjunto de bibliotecas en donde se realizará la búsqueda de una expresión dada. Una vez que el usuario ha decidido realizar la operación, el cliente móvil lanzará una petición de búsqueda al MCM en la cual se le enviarán los identificadores de las bibliotecas en donde se deberá ejecutar el proceso de buscar información.

Una vez que el MCM recibe esta información se procederá al procesamiento de los datos y las peticiones al Data Server para obtener los resultados de las búsquedas. Cuando se obtienen los resultado de las búsquedas el MCM procesará la información y enviará los resultados obtenidos por cada librería al cliente móvil.

El cliente móvil obtendrá los resultados por parte del MCM, con la capacidad de desplegar la información obtenida para que el usuario pueda ingresar a ver los metadatos de cada documento devuelto por la búsqueda.

Una vez que el usuario ha decidido que le es útil algún documento podrá proceder a descargarlo al dispositivo móvil de la manera en que se describe en el servicio de recuperación de información.

El Servicio de Búsqueda se propone también como funcionalidad para usuario no registrado, por lo que se sugiere implementarlo 2 veces dentro del prototipo en el dispositivo móvil. De esta manera el usuario no deberá ingresar su nombre de usuario y password para poder realizar una operación de búsqueda y descarga de información.

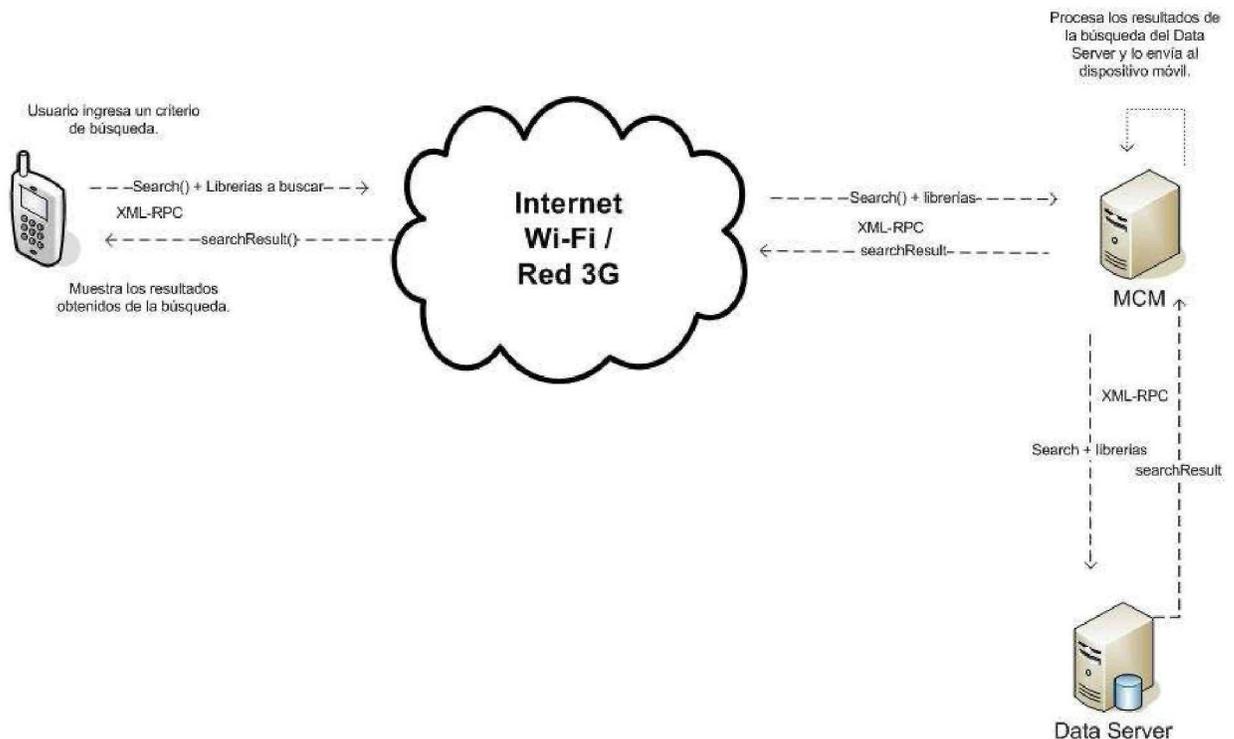


Figura 3.10: Diagrama Servicio de Búsqueda de Documentos

3.4 Conclusiones

En este capítulo se observó de manera general la situación actual de PDLib, su arquitectura, cuales son los servicios que se ofrecen, cómo está conformado y la relación entre sus componentes.

Se especificó en esta sección una solución al problema de acceso a la información a dispositivos celulares. Se plantea una serie de adaptaciones a los servicios que ofrece el proyecto para poder dar soporte a dichos dispositivos. Las adaptaciones propuestas son producto de la investigación y análisis de los procesos que ofrece PDLib.

Durante la implementación de dichos servicios se encontraron diversos problemas en el comportamiento de los dispositivos con las restricciones de memoria y capacidad de cómputo, las cuales se discutirán en el siguiente capítulo, donde se dará más detalle de la implementación del prototipo en el que se prueban las modificaciones propuestas anteriormente.

Capítulo 4

Smartphone Client - Prototipo de la Adaptación de Servicios.

4.1 Introducción

En este capítulo se discutirá la implementación de las adaptaciones de los servicios de biblioteca digital que fueron propuestos en el capítulo anterior. Se mencionarán los problemas que se tuvieron durante la creación del prototipo del cliente móvil dado a las restricciones de las capacidades de cómputo y de manejo de memoria, y de qué manera se resolvieron los mismos.

También se abarcará una sección correspondiente a pruebas del prototipo de y las adecuaciones que se realizaron para el soporte de servicios de biblioteca digital personal dentro de teléfonos móviles de tercera generación, donde se demostrará con las pruebas el funcionamiento del cliente móvil.

En la parte final de éste capítulo se realizará un pequeño análisis del impacto que puede causar un cliente móvil con los servicios de biblioteca digital que se proponen en el presente trabajo, dando así una perspectiva del nuevo panorama de bibliotecas digitales en un ambiente móvil que va evolucionando día a día.

4.2 PDLib SmartphoneClient

El PDLib SmarthPhone Client surge como prototipo de prueba de este trabajo, se propone realizar un cliente móvil para Teléfono celular de Tercera Generación el cual utilice las propuestas hechas en este trabajo para brindar servicios de biblioteca digital personal.

Se propone realizar un cliente bajo la plataforma Java MicroEdition, dado a que es el ambiente de programación que cuenta con mayor aceptación en una amplia gama de dispositivos móviles a diferencia de Microsoft.Net que solo funciona bajo las

plataformas Windows con su ambiente de trabajo móvil, el Compact Framework de .NET.

Durante la creación del prototipo se encontraron diversos problemas para la implementación de los servicios, los cuales se mencionarán a continuación.

- *Bloqueo por parte de la Máquina Virtual de Java para ejecución de Programas.* Para solucionar este problema, se optó por no mostrar los documentos que el usuario quiera consultar, razón por la cual se proporciona la opción de descargar dentro del sistema de archivos la información requerida, para que en un momento posterior, por afuera del cliente se pueda abrir con los programas determinados. De esta manera se ahorra un manejo de memoria y el acceso a los archivos es manejado ya por el Sistema Operativo y el software predeterminado para cada tipo de archivo.
- *Capacidad de manejo de objetos por cada dispositivo.* Como se menciona en el capítulo 2, Java maneja una reserva de memoria para la ejecución de los programas. Razón por la cual, se necesita mantener un bajo manejo de objetos para mantener la mayor memoria disponible al momento de hacer operaciones dentro del dispositivo celular.

La estrategia seguida para el control de este tipo de problema se describe a continuación:

1. Utilizar un llamado al garbage collector (*System.gc();*) cada vez que hay un cambio de contexto en el sistema. Ejemplo: de modo navegación a búsqueda, de usuario no registrado a usuario registrado.
2. Reutilización de objetos. Ejemplo: En lugar de declarar formas por cada pantalla diferente en el sistema, solo se redefine la información que se va a presentar.
3. Hacer un llamado al garbage collector cada vez que se obtiene un resultado desde el MCM, dado a que las conexiones y sockets se quedan en memoria, y en ocasiones se necesitan realizar múltiples llamados de funciones (ejemplo: Enviar Documento), los cuales pueden elevar el uso de memoria.

En las figuras 4.1 y 4.2 podemos observar los resultados del uso de éstas estrategias en el manejo de la memoria del dispositivo móvil. En la primera figura se muestra el uso de la memoria durante la navegación de la biblioteca, y en la segunda figura vemos la recolección de objetos ya no utilizados después de un uso de descarga de información.

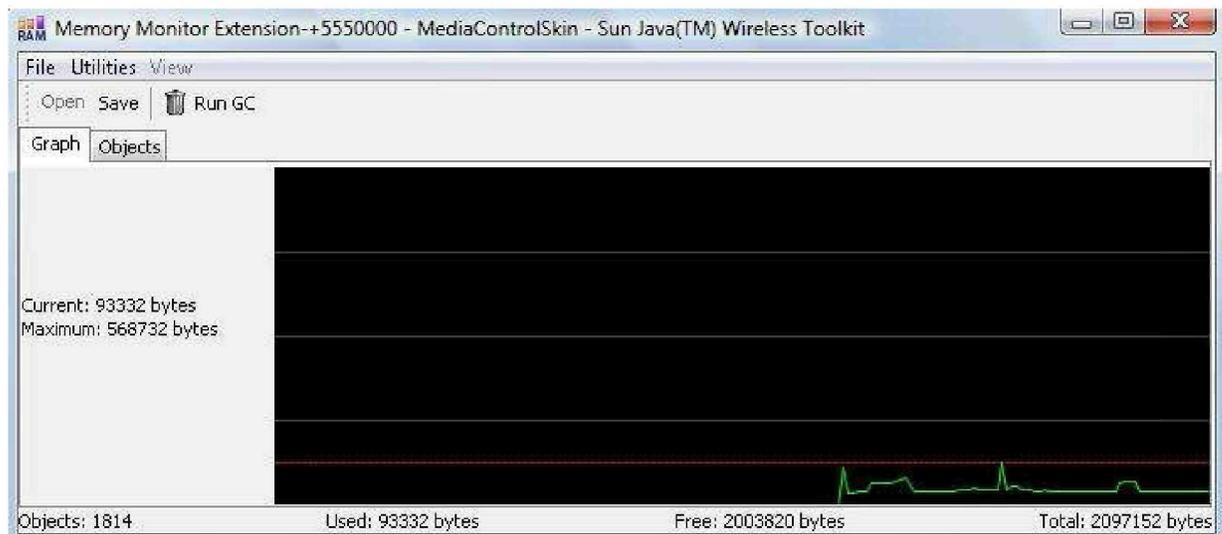


Figura 4.1: Memoria del Dispositivo durante Navegación y Creación de Archivo

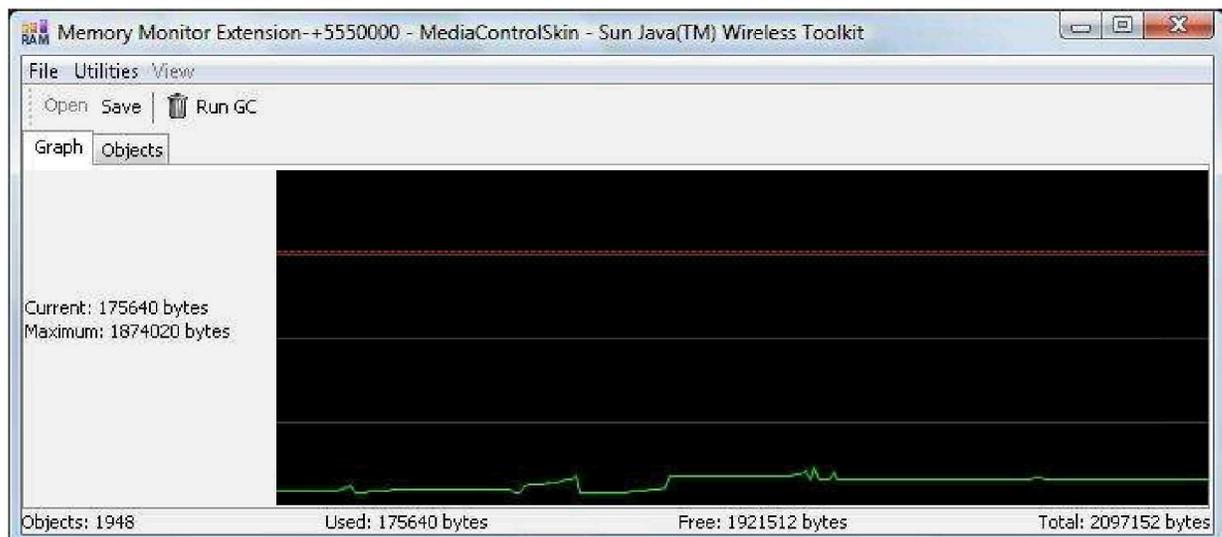


Figura 4.2: Memoria del Dispositivo después de una Descarga Archivo

- *Abrazos Mortales y Bloqueos de Equipos.* J2ME por la naturaleza limitante de los dispositivos, realiza un bloqueo del sistema para la ejecución de ciertas operaciones, como lo son: conexiones a red, acceso a registros, lecturas, escrituras en el sistema de archivos, etc. [24].

Para evitar bloqueo del dispositivo, debido a que la mayoría de dichas acciones se realizan mediante la acción de un comando de menú, es necesario utilizar "hilos o threads" de Java, realizando dichas operaciones de manera independiente a la ejecución del Middlet.

- *El costo de Acceso a Red.* Debido a que el uso de la red en 3G en México es relativamente nuevo y creciente, no todos los dispositivos celulares cuentan con las ventajas del acceso a la red móvil de alta velocidad, por lo que muchos equipos aún se encuentran navegando en la red por medio de la red WAP, teniendo un costo por kilobyte descargado. Por lo que es necesario realizar accesos a la red sólo en los momentos requeridos. Los datos que se proponen a mantener en memoria son:

- Datos del Usuario. Estos datos son: el Id del usuario y el número de su biblioteca.
- Datos de Navegación. Esto significa las colecciones que el usuario ha recorrido dentro de su biblioteca, para no realizar la petición del contenido cuando haga un acceso a una colección previamente accesada.

A continuación se describirá como fue implementado cada servicio que se propuso en el capítulo anterior dentro del prototipo del cliente móvil.

4.2.1 Comunicación con MCM

Para la comunicación con el cliente móvil se utilizó una versión de XML-RPC para Java Micro Edition. Esta versión es un API llamado kXML-RPC [22] la cual es una implementación de dicho protocolo sobre el parser de XML para J2ME llamado kXML [23], dando así la capacidad a dispositivos móviles de realizar llamados a servicios web con un mecanismo ligero, que crea documentos XML standard.

De esta manera se podrá realizar un llamado a métodos del Servidor de Datos de la misma manera en que el Cliente Web o el Pocket Client lo hacen. De manera general se puede observar en la figura 4.3 como se maneja la comunicación vía XML-RPC.

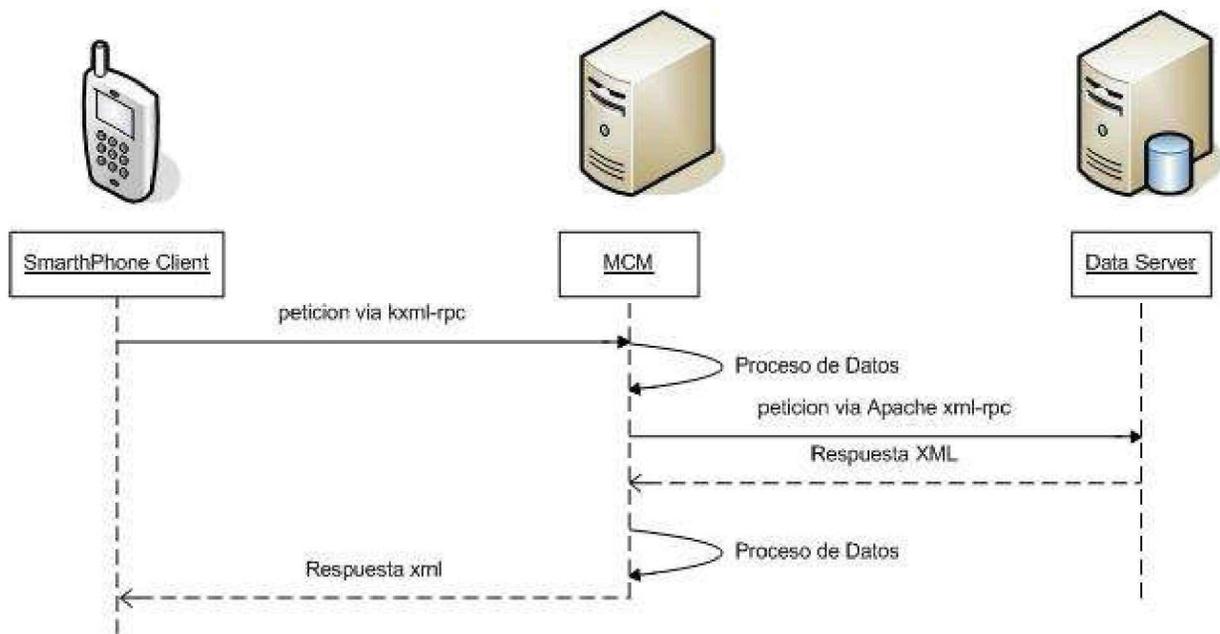


Figura 4.3: Diagrama de Comunicación XML-RPC

Dentro del MCM se realizaron la creación de nuevos métodos en la capa principal, la cual es la que invoca las acciones CRUD (Creación, Recuperación, Actualización y Borrado) dentro de las colecciones y documentos. Las modificaciones realizadas se enlistan a continuación:

- **Creación de método que permite guardar documento.** Para esta funcionalidad se necesitó crear a través de diferentes métodos: El primero de ellos es el método llamado *SetDocumentLenght* cuya finalidad es el de poder reservar el espacio de memoria necesario para la creación de un documento que será enviado por parte del cliente móvil.

El segundo método utilizado es *createDocumentSegment*, el cual es el encargado de realizar la unión de los segmentos del documento enviados por el cliente móvil.

- **Creación método de selección de 10 bibliotecas.** El método *getTopTenLibrary* es un método creado para buscar en el Data Server las primeras 10 bibliotecas que compartan más información, esto con el fin de limitar el número de bibliotecas en las que se pueden realizar búsquedas dado a que es imposible mostrar una gran número en una pantalla limitada.
- **Sobrecarga de método de búsqueda.** Para esta funcionalidad se necesitó realizar las búsquedas de las colecciones enviadas por partes, regresando los resultados por cada biblioteca al cliente móvil, en vez de enviar el conjunto de resultados

totales, esto con el fin de aprovechar la capacidad de cómputo del cliente móvil y el envío de información no sea en un solo paquete de gran tamaño.

Los servicios de autenticación, recuperación de colecciones y descarga de archivos por parte del MCM se reutilizarán de la misma manera en que se utilizan para el cliente de Pocket PC.

4.2.2 Servicios del Cliente Móvil

El Smartphone Client se encuentra estructurado por las funcionalidades ofrecidas de la siguiente manera:

- *Usuario No Registrado.* Es la función por default del cliente de celular. Bajo este concepto se ofrecerá el servicio de búsqueda simple de información en bibliotecas digitales personales existentes. El usuario será capaz de observar los metadatos de los documentos, así como de descargar los documentos resultantes que sean de su interés.
- *Usuario Registrado* Bajo esta funcionalidad se ofrecerán los demás servicios que se proponen en este trabajo: la capacidad de navegar por la biblioteca del usuario, crear documentos, descargarlos y realizar búsquedas simples en otras bibliotecas.

A continuación se discutirá la forma en que fueron implementados cada uno de los servicios.

4.2.3 Usuario no Registrado

Como se mencionó anteriormente esta es la función por defecto del SmartphoneClient, al iniciar el software el usuario podrá realizar búsquedas simple en lo denominado "primeras 10 bibliotecas", lo cual significa, las bibliotecas que más información compartan dentro del DataServer al que el cliente móvil se está conectando.

El usuario podrá seleccionar en cuáles de esas 10 bibliotecas deseará realizar la búsqueda de la expresión dada. En la figura 4.4 se muestra la forma en que se implementó esta función.

Una vez que el usuario ha seleccionado de la lista las bibliotecas deseadas, se procederá a enviar en una estructura de datos el valor de las bibliotecas en las cuales se desea ejecutar la búsqueda. El Middleware de Comunicación Móvil se encargará de procesar la información de las bibliotecas enviadas y ejecutar las consultas en el Data Server, el cual le responderá con una estructura de datos con los datos correspondientes a los archivos resultantes.

El MCM enviará al dispositivo móvil la respuesta del Data Server en porciones divididas por biblioteca. de esta manera la respuesta a la búsqueda llegara de manera dividida, proporcionando la capacidad de mostrar información sin tener que esperar la respuesta total. En el caso de que el usuario decida ver los metadatos de un documento, o descargar el mismo se procederá con el mismo procedimiento con el que se descarga un documento para usuario registrado.

En el caso de que exista un error en la comunicación, el cliente podrá desplegar la información que se haya enviado al cliente, ya que en la búsqueda en diversas bibliotecas se realiza una petición por cada biblioteca seleccionada.

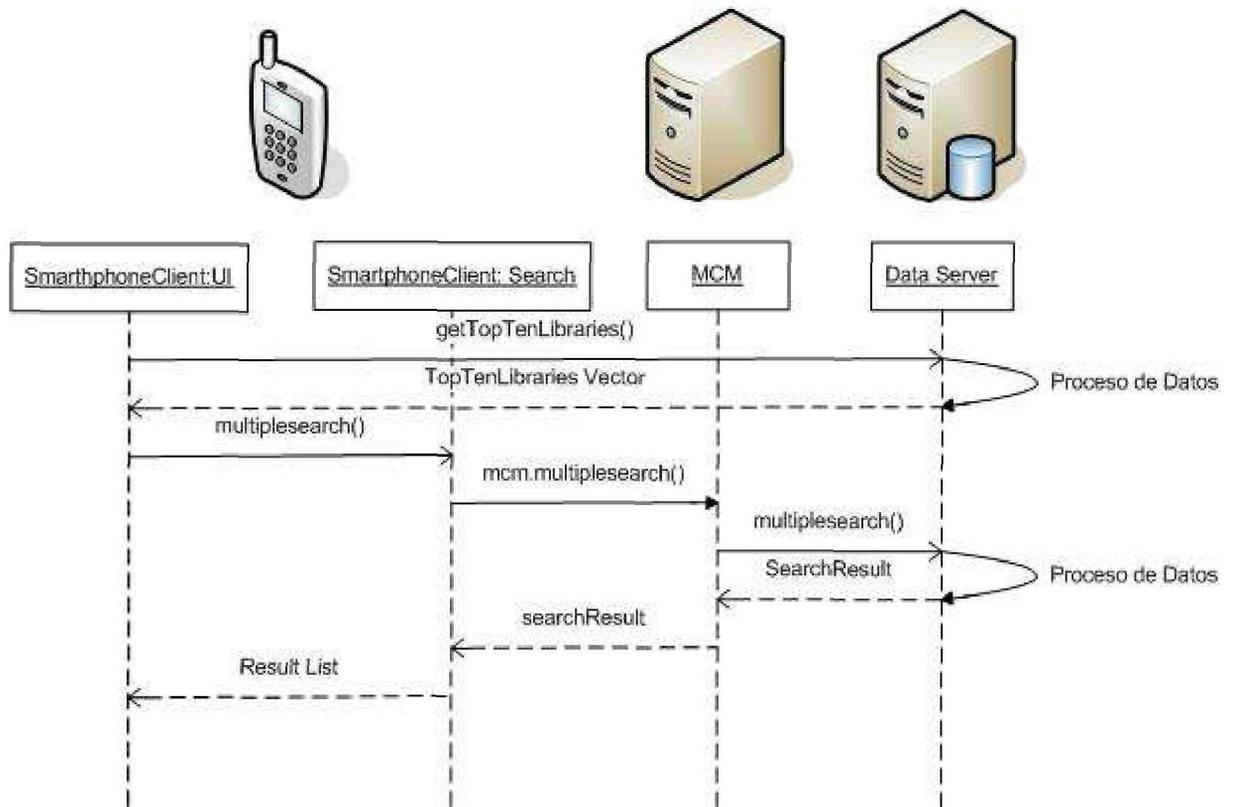


Figura 4.4: Diagrama Secuencia Servicio Búsqueda.

4.2.4 Autenticación

Esta función es la que identificará a un usuario del proyecto PDLib, y se otorgará el acceso a toda su información personal, y a los demás servicios que se proponen en este trabajo. El servicio de Autenticación mantiene la estructura de la forma en que se maneja en el Pocket Client.

El usuario ingresará sus datos en una forma de identificación, se ingresará el

nombre de usuario y la contraseña, almacenándolo en un objeto "User", dicha información se enviará al Middleware de comunicación móvil, el cual reenviará la información al Servidor de Datos. El Data Server procesará la información y determinará si los datos ingresados por el usuario son válidos o no. En el caso de ser válidos el Data Server regresará el Id del usuario y el Id de la biblioteca que le corresponde.

El MCM recibe la información, la cual retransmite al cliente móvil. El Cliente móvil al recibir un usuario válido con su respectivo identificador de biblioteca procede a hacer el pedido del contenido de la colección raíz o "home" con el proceso descrito en el servicio de *Navegación*, en caso contrario se mandará un mensaje de error y se la aplicación esperará un nuevo nombre de usuario y contraseña.

La Figura 4.5 ilustra la secuencia de procesos en el servicio de Autenticación.

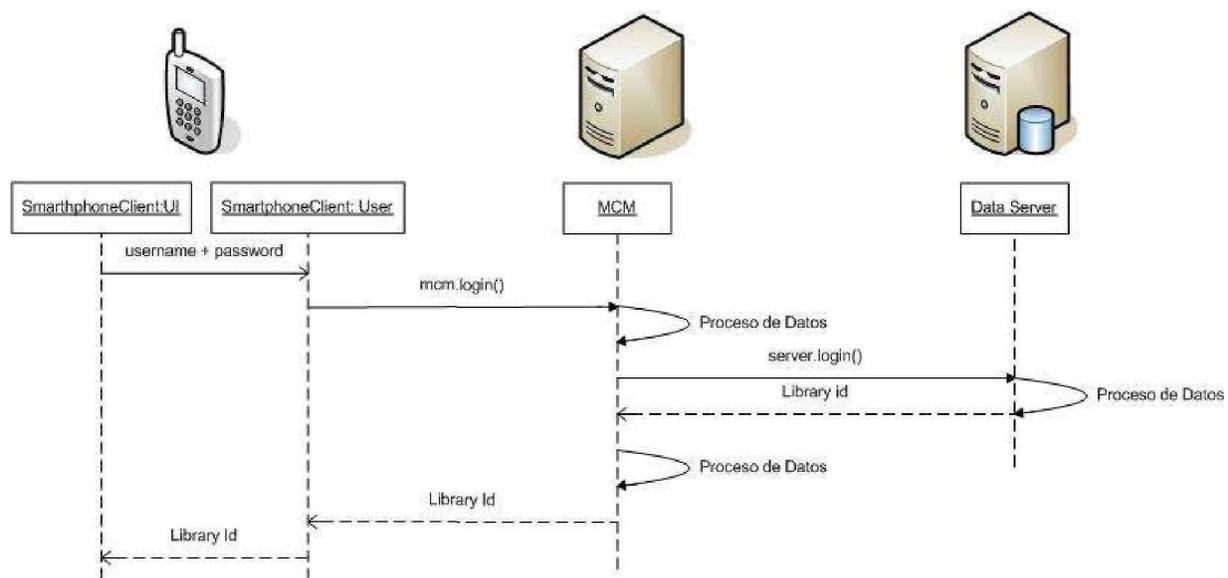


Figura 4.5: Diagrama Secuencia Servicio Autenticación.

4.2.5 Búsqueda Simple

Este servicio funciona de la misma manera que el servicio de búsqueda de usuario no registrado. La diferencia entre el servicio de búsqueda de usuario no registrado y registrado es que en ésta última se mostrará como opción realizar una búsqueda en la biblioteca del usuario autenticado, esta biblioteca se denomina "Mi biblioteca" y se mostrará al principio de la lista de selección, junto con las 10 bibliotecas con mayor número de documentos públicos.

Dado a que el funcionamiento es similar al servicio de búsqueda para usuario

no registrado la figura que representa la secuencia de operaciones es el ya presentado con anterioridad, ver Figura 4.4.

4.2.6 Navegación

Esta función permite al usuario registrado ingresar a las distintas colecciones con las que cuenta su biblioteca personal. Para la implementación de este servicio se siguió la siguiente estrategia:

Una vez que el usuario se ha registrado correctamente, y se tiene el número de la biblioteca que le corresponde, se procede a enviar una petición de contenido de la colección raíz, denominada "home". Esta petición se hace a través del envío de un objeto tipo `CollectionRequest`, el cual contiene el id del usuario dueño, la biblioteca y la colección solicitada. Esta información se envía al MCM el cual reenvía la información al Data Server. El Data Server realiza la consulta de información, y genera un objeto `CollectionResponse`. Este objeto se envía al MCM el cual realiza las acciones necesarias para reenviar la información al cliente móvil.

Una vez que el cliente móvil recibe el objeto `CollectionResponse` del MCM, se procede a crear una lista de selección cuyo contenido es la información de colecciones y documentos encontrados en el objeto `CollectionResponse` recibido. Este objeto se almacena en una estructura de datos, el cual fungirá como un caché de la información de navegación del usuario.

La función de esta estructura de datos es almacenar cada `CollectionResponse` que recibe el cliente móvil, así si el usuario decide navegar hacia atrás se eliminará la última entrada de esta estructura de datos y se mostrará el `CollectionResponse` que se encuentre al tope de la estructura tipo pila. De esta manera se evita estar haciendo peticiones al servidor de datos para refrescar las colecciones ya visitadas anteriormente.

Cuando un usuario decide ingresar a una colección se vuelve a hacer el proceso de envío de petición y la respuesta es almacenada en la pila de navegación. En la figura 4.6 se ilustra una secuencia de petición del contenido de una colección, así como la interacción de los procesos descritos anteriormente.

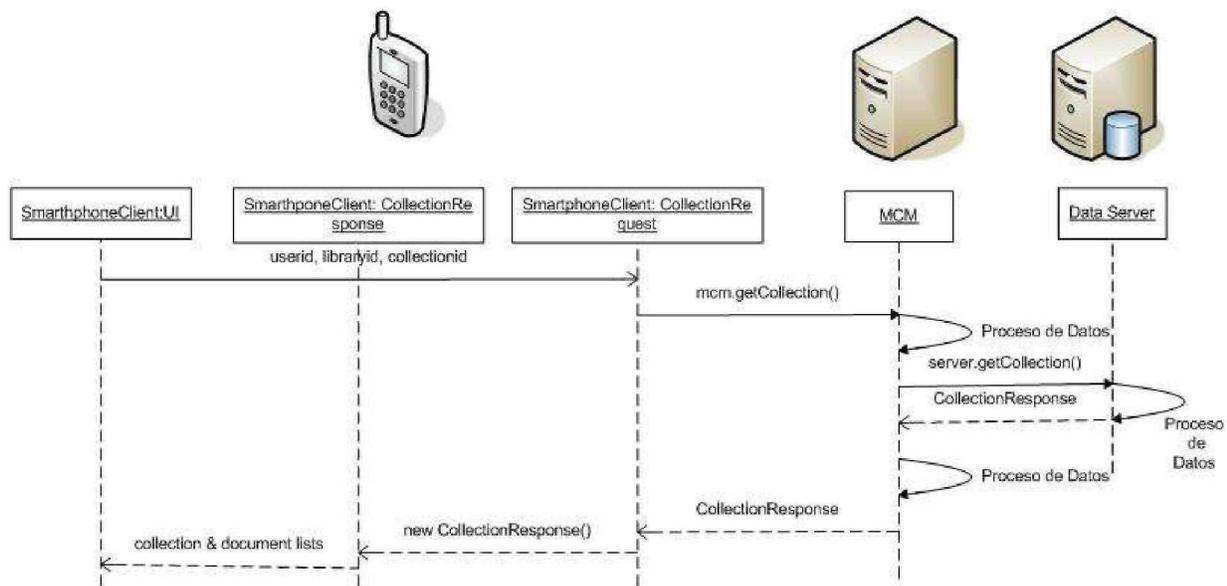


Figura 4.6: Diagrama Secuencia Servicio Navegación.

4.2.7 Descarga de Documentos

Este servicio permitirá al usuario poder descargar los documentos que tenga dentro de su biblioteca digital personal, o los documentos que sean del interés del usuario dentro del resultado de una búsqueda.

En este servicio se encontró una problemática, dado a que el servicio óptimo es el poder descargar cualquier documento que se tenga en la biblioteca digital personal, siempre y cuando se cuente con el espacio disponible en el sistema de archivos para almacenarlo.

Java MicroEdition al ejecutarse la KVM (Kilobyte Virtual Machine) en un ambiente "separado" no permite el control total de la memoria RAM y heap de memoria para alojamiento de objetos. En cada dispositivo el alojamiento de dichos objetos varía dependiendo de la configuración del fabricante.

Debido a esta limitante se implementaron dos métodos para la descarga de documentos, el primero el algoritmo óptimo de descarga y escritura en el sistema de archivos directamente de pequeños segmentos de información que conforman un documento. El segundo es la descarga total de archivos pequeños aproximadamente 200 kilobytes, dado a que el emulador tiene asignada para la ejecución de programas en java dicha cantidad.

La razón por la que se implementaron dos métodos de descarga es que dado a la seguridad que implementa Java Micro Edition y el perfil MIDP con respecto al uso

de los recursos de un dispositivo es estricta. Sobre todo cuando se trata de acceso al sistema de archivos.

Según Sun Microsystem en [25] la seguridad de MIDP se divide en:

- **Manufacturer and Operator Domain.** En este dominio se encuentran dos niveles de seguridad. Ambos contienen todos los permisos con respecto a los recursos del dispositivo como *permitidos*. El nivel de Manufacturer tiene el privilegio de que se permite el acceso a todos los recursos sin pedir autorización al usuario, en cambio el nivel Operator puede requerir la autorización al usuario una sola vez para ejecutar operaciones.
- **Third Party and Untrusted Domain.** En este dominio, también se divide en dos niveles. Third Party permite el uso de todos los servicios, solicitando la autorización del usuario cada vez que la operación se va a ejecutar, en cambio el nivel Untrusted no permite el uso de ningún recurso del dispositivo.

Dado a que el *SmartphoneClient* se encuentra en el dominio Third Party, se solicita la autorización del usuario cuando se ejecuta el primer método, el cual no tiene restricción de descarga. Al contrario del segundo método restringido, la información del documento se almacena en un objeto en memoria y se hace un solo acceso al sistema de archivos.

Para el almacenamiento de los documentos se creó la clases *FileSystem*, la cual se encarga de hacer acceso al sistema de archivos del dispositivo móvil. Esta clase implementa acciones en hilos independientes para poder acceder a las diferentes carpetas con las que se cuentan.

Esta clase tendrá un diferente comportamiento dependiendo si es invocado para la descarga de un documento o para subir un documento a la biblioteca digital. Para la descarga de un documento, primero se creará el archivo en blanco, creando un *DataOutputStream* al archivo, en el cual se podrá escribir los bytes recibidos por parte del MCM.

El proceso general de descarga de documentos se describe a continuación.

El usuario seleccionará un documento de la lista de navegación o de la lista de resultados de búsquedas. Una vez que se selecciona el documento, se presentarán los metadatos del documento al usuario. Una vez que el usuario observó los metadatos y decide que el documento es el que quiere descargar, se creará un hilo con el que se realizará una petición del documento a descargar, enviando al MCM el identificador de la biblioteca, colección y documento. El MCM realizará un pedido del documento al *DataServer*, el cual regresará un objeto *DocumentResponse* con la información del documento. El MCM podrá dividir la información del documento en pequeños

segmentos para el envío de la información al dispositivo móvil cada vez que el cliente móvil solicite un llamado a la función `getDocumentData`.

El primer método implementado cada vez que recibe un segmento de dato lo escribe directamente al sistema de archivos, escribiendo de manera secuencial los bytes que van recibiendo. La desventaja es que por cada segmento que se quiera escribir solicitará la autorización del usuario, razón por la cual se diseñó la segunda opción.

En el segundo método se crea un objeto de tipo "Data" en el cliente móvil, en donde se van almacenando los segmentos recibidos del MCM, una vez que se ha terminado de descargar la información, se procede a escribir la información en el dispositivo. Solicitando la autorización solo 1 vez por parte del usuario para la creación del documento.

En el caso de existir un error, este método cuenta con el diseño de un sistema de recuperación de la transacción. No se implementó debido al problema mencionado anteriormente acerca del permiso de escritura en el cliente móvil. Dicho mecanismo consta de la grabación permanente de los parámetros del último segmento recibido, pudiendo enviar al MCM dichos datos para que se reestablezca el envío desde dicho segmento.

En la figura 4.7 Se muestra un diagrama en el que se ejemplifica lo descrito anteriormente para la ejecución de la descarga de un documento.

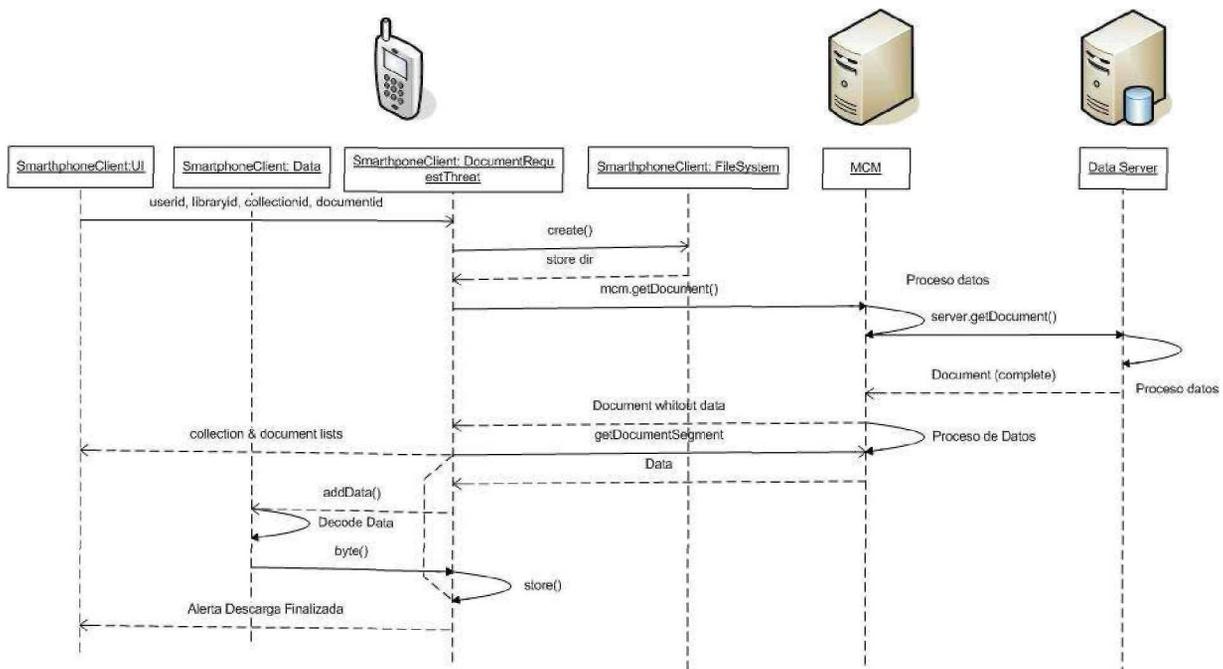


Figura 4.7: Diagrama Secuencia Servicio Recuperación de Documentos.

4.2.8 Creación de Documentos

Para la creación de documentos se crearon cuatro diferentes clases. La clase Multimedia encargada de imágenes, la clase DocumentText encargada de documentos texto, la clase AudioDocument encargada de documentos de audio y la clase FileSystemDocument la cual se encarga de la creación de documentos que se encuentran almacenados en el Sistema de Archivos.

A continuación se presentará el comportamiento de cada una de estas clases y posteriormente el método de envío de dichos documentos al servidor de datos.

- *Clase Multimedia.* Esta clase se encargará de crear documentos de tipo imagen. Utiliza el MM API de Java, el cual permite el acceso a los recursos multimedia que contenga el dispositivo móvil. Al iniciarse esta clase se crea un objeto de tipo Recorder con codec de video tipo JPG, el resultado de este objeto es un arreglo de bytes el cual contendrá las imágenes que capte la cámara del celular.

Cuando el usuario decida tomar una foto se almacenará el arreglo de bytes resultante del snapshot, este arreglo se mostrará al usuario en un objeto de tipo "Image". Si el usuario desea enviar este documento a su biblioteca en PDLib, se inicializará el proceso de envío de documentos a la biblioteca digital.

- *Clase TextDocument.* Esta clase se encargará de crear documentos de tipo texto. Al inicializar este objeto se crea una forma con un cuadro de texto con espacio para 200 caracteres. Cuando el usuario termine de escribir su texto y decida enviarlo al servidor de datos, el texto escrito se convertirá en un arreglo de bytes y se iniciará el proceso de envío de documentos a la biblioteca digital.
- *Clase AudioDocument.* Esta clase se encargará de crear un archivo de audio. Esta clase al inicializarse se creará un objeto de tipo Recorder con un codec de audio tipo WAV. Esta clase graba un archivo de audio con una duración de 30 segundos. El objeto Recorder producirá un arreglo de bytes con el sonido grabado, dicho arreglo se reproducirá inmediatamente al terminar de grabar para que el usuario pueda escuchar el resultado del archivo. Si el usuario decide enviar el documento al Servidor de datos se iniciará el proceso de envío de documentos a la biblioteca digital.
- *Clase FileSystemDocument.* Esta clase inicializa la clase FileSystem, para poder navegar dentro del Sistema de Archivos y seleccionar un documento que se encuentre almacenado dentro del dispositivo. Cuando el usuario selecciona un documento a enviar al servidor de datos, se abre un objeto de tipo DataInputStream, el cual podrá ir leyendo una cantidad de bytes determinada y resumir su lectura posteriormente.

Para mayor información ver el Apéndice A.

El proceso de envío de documentos al servidor de datos se describe a continuación.

Una vez que se tiene el arreglo de bytes que se quiere enviar al Data Server, se solicitará al usuario que ingrese los metadatos que identificarán al documento, estos son: Título, Autor, Resumen y Palabras Frases. Una vez ingresados los metadatos se comienza a dividir este arreglo de bytes en pequeños segmentos. Se envía una petición al MCM denominado "SetDocumentLength" el cual notificará al MCM la cantidad de bytes que recibirá para crear el contenido del documento, y así se pueda reservar el espacio de memoria suficiente. Una vez que se reservó la memoria el cliente móvil comenzará a enviar los segmentos de bytes al MCM para que se pueda almacenar y juntar dentro del Middleware en un único arreglo de bytes.

Cuando el cliente móvil termina de enviar los segmentos de datos, se envía una petición al MCM del servicio createDocument junto con el conjunto de metadatos que se introdujeron anteriormente. El MCM recibe esta petición con los metadatos y los junta con el arreglo de bytes formado con la unión de todos los segmentos recibidos, y crea un llamado al Data Server de la función createDocument con toda esta información. El Data Server regresará un valor booleano acerca de la creación del documento, el cual el MCM reenviará al cliente móvil.

De la misma manera que en la recuperación de documentos, en el caso de existir un error en la transacción de datos la adaptación soporta grabar persistentemente el documento creado (imagen, audio o texto) con los parámetros del último segmento enviado al MCM, pudieron recuperar la transacción posteriormente. De la misma manera que en el servicio de recuperación, ésta capacidad no fue implementada por el problema de permisos de escritura en el dispositivo.

En la figura 4.8 se muestra un diagrama de secuencias del proceso descrito anteriormente para las clases Multimedia, AudioDocument y TextDocument. En la figura 4.9 se muestra el proceso para la clase FileSystemDocument.

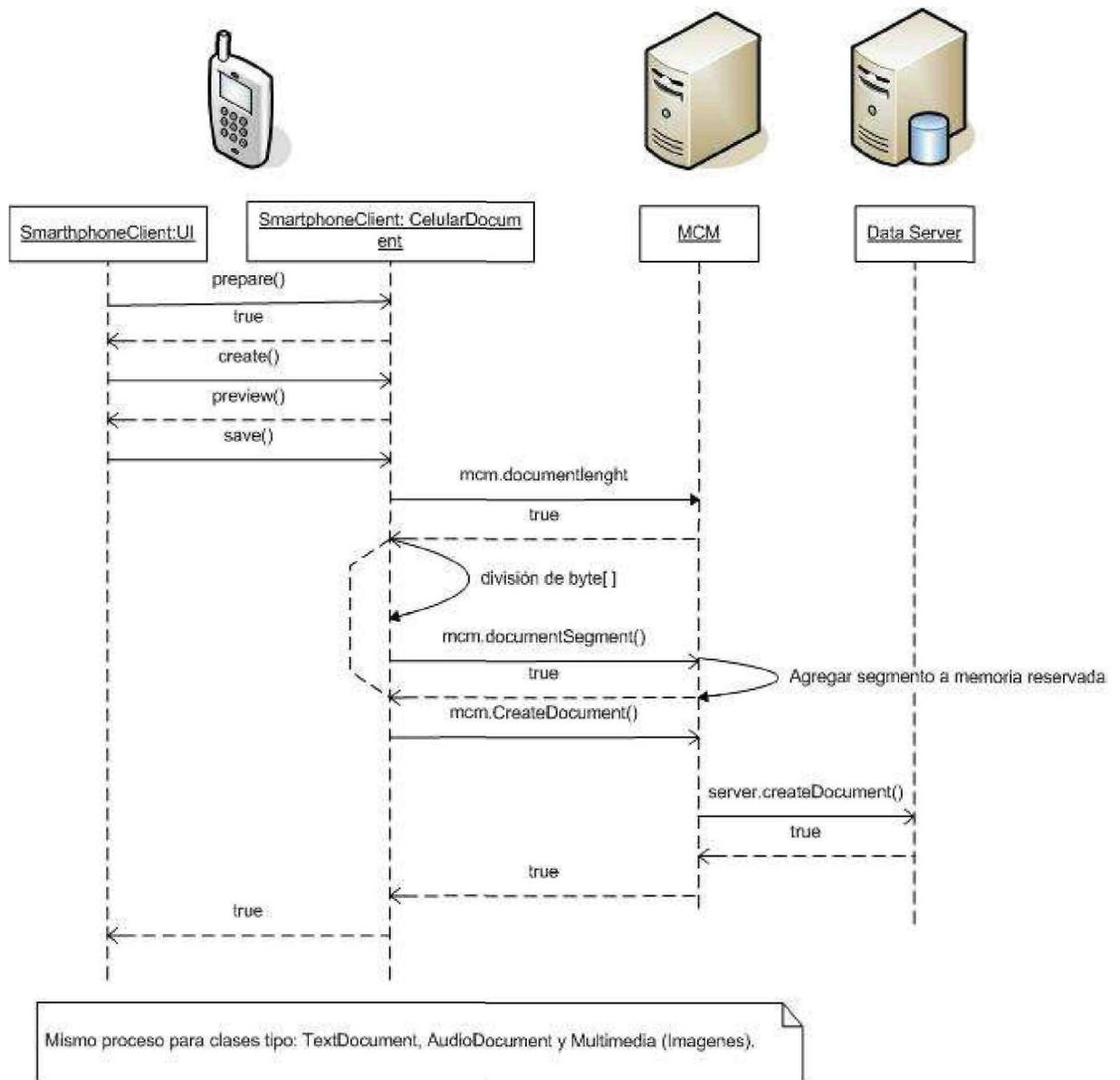


Figura 4.8: Diagrama Secuencia Servicio Creación de Documentos.

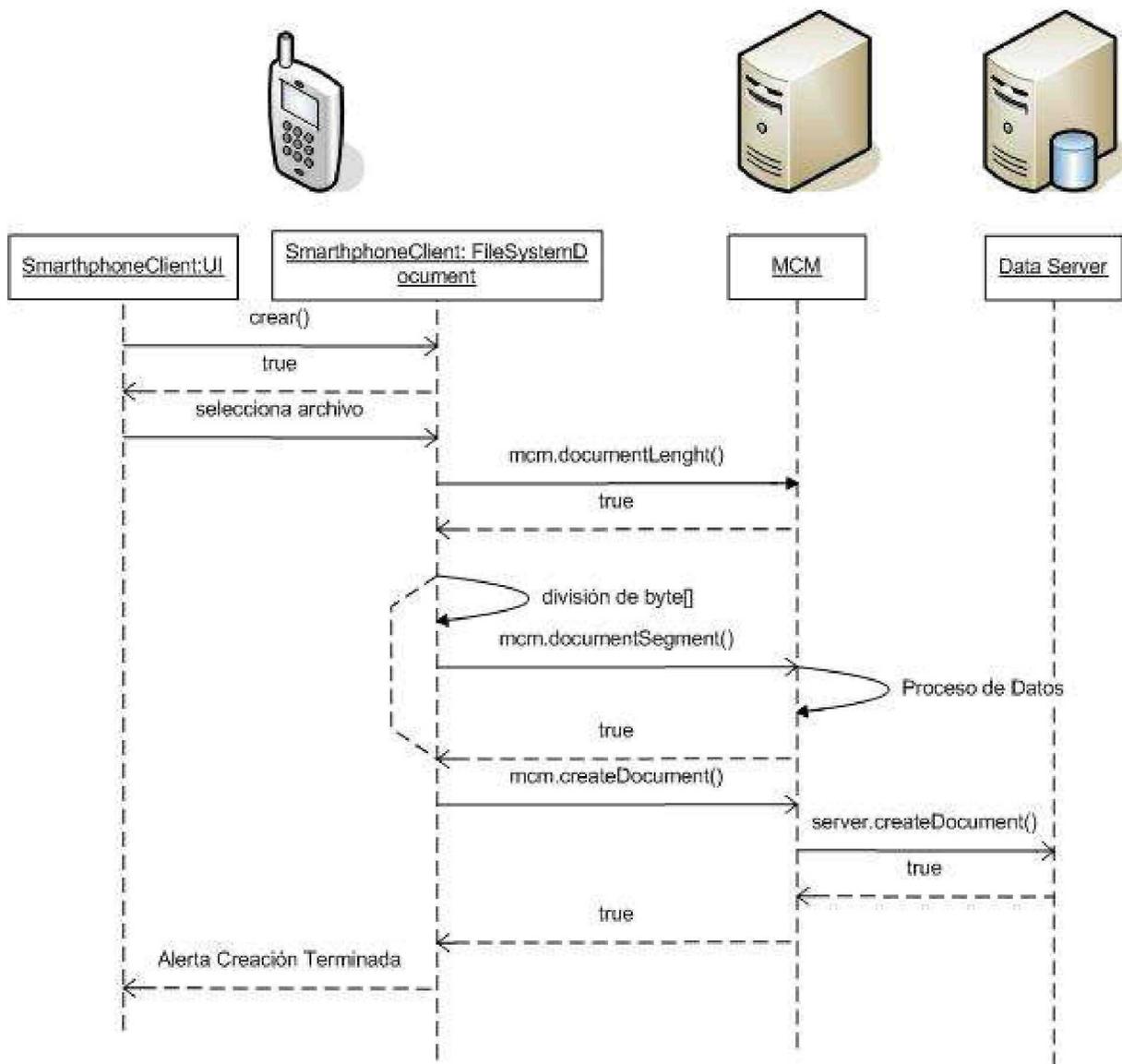


Figura 4.9: Diagrama Secuencia Servicio Creación de Documentos Almacenados.

4.3 Pruebas

En esta sección se abordarán las pruebas que se ejecutaron en el cliente móvil para verificar que la solución propuesta funcione correctamente y se obtengan los resultados esperados.

Para efectos de pruebas los equipos que se ocuparon para la ejecución de los mismos son:

- **Servidor de Datos.** El Servidor de datos se ejecutó en un servidor Intel Xeon a 3.05 GHz, memoria RAM de 3 Gb sobre un sistema operativo Windows 2003 Server. Las tecnologías utilizadas para ejecutar este componente son: Java 1.5.0, Apache Ant 1.6.5, AFPL Ghostscript 8.5, Ghostview 4.8, MySQL 4.1 y MySQL Connector/J 3.0. La versión del Data Server utilizado fue la 1.1
- **Middleware de Comunicación Móvil.** El Middleware de Comunicación móvil se ejecutó en un servidor Intel Xeon a 3.05 GHz, memoria RAM de 3 Gb sobre un sistema operativo Windows 2003 Server. Las tecnologías utilizadas para ejecutar este componente son: Java 1.5.0, Apache Ant 1.6.5.
- **Smartphone Client.** El Smartphone Client se ejecutó en el emulador ofrecido por Sun Microsystem, de la misma manera sobre teléfonos inteligentes Nokia N80 y Nokia N82, los dos equipos con acceso a red inalámbrica vía WiFi.

Las pruebas propuestas para los servicios de biblioteca digital que se expusieron con anterioridad se define en la siguiente tabla:

Prueba	Resultado Esperado
Búsqueda de Documento Usuario no Registrado	Lista de Documentos correspondiente al criterio de búsqueda.
Autenticación de Usuario	Correcta autenticación e ingreso a la colección home del usuario.
Descarga de Documento	Documento Almacenado en el Dispositivo Móvil.
Creación de Documento de Texto	Documento de Texto en el Data Server.
Creación de Documento de Audio	Documento de Audio en el Data Server.
Creación de Documento de Imagen	Documento de Imagen en el Data Server.
Creación de Documento Almacenado en Dispositivo	Documento enviado almacenado en el Data Server.

Tabla 4.1: Pruebas de funcionamiento del Smartphone Client.

4.3.1 Búsqueda Simple de Documento

Dado a que el servicio para un usuario registrado y no registrado es similar, se realizará una prueba funcional del servicio en general. En la figura 4.10 se presenta la interfaz de usuario del servicio de búsqueda, en la cual se deberá escribir la expresión de búsqueda y se deberá seleccionar las bibliotecas.



Figura 4.10: Pantalla Búsqueda Simple.



Figura 4.11: Pantalla Resultado de Búsqueda.

En la Figura 4.11 se observa el resultado de la búsqueda, en la cual el usuario podrá seleccionar un documento y podrá ver sus metadatos y descargarlo al seleccionar del menú la opción "entrar".

De estas pruebas podemos deducir que el servicio funciona correctamente al buscar únicamente dentro de los documentos con la opción de públicos en las bibliotecas seleccionadas, ya que existían más documentos con la palabra buscada, en esta ocasión "prueba" dentro de una colección privada.

4.3.2 Autenticación

El detalle de esta prueba es muy sencillo, solo se tendrá que ingresar datos correspondientes a un usuario en PDLib, si los datos son correctos se deberá ingresar a la colección "home". En la Figura 4.12 se muestra la interfaz de usuario para realizar la autenticación.



Figura 4.12: Pantalla Autenticación.

En la figura 4.13 se muestra la colección home que se regresa después de autenticarse un usuario.



Figura 4.13: Pantalla Colección Home.

4.3.3 Creación de Documento de Texto

El fin de esta prueba es crear un documento de texto el cual se almacena dentro del servidor de datos, el usuario podrá escribir dentro del editor de texto mostrado en la figura 4.14. Una vez que el usuario decide guardar dicho texto se mostrará la pantalla de metadatos mostrada en la figura 4.15, y se procederá a enviar la información al Servidor de Datos. Cuando termine el proceso el documento estará almacenado en el Data Server para una futura consulta.



Figura 4.14: Pantalla Creación Documento de Texto.



Figura 4.15: Pantalla Ingreso de Metadatos.

4.3.4 Creación de Documento de Audio

La creación de documentos de audio se lleva a cabo a través de la interfaz que se muestra en la pantalla 4.16. una vez que el usuario decide comenzar a grabar se grabará por 30 segundos, si el usuario no detiene la grabación al finalizar los 30 segundos se comenzará a escuchar el sonido grabado. Si el usuario decide guardar el documento se mostrará la pantalla de ingreso de metadatos (figura 4.15) y se procederá al envío de la información al Servidor de Datos.



Figura 4.16: Pantalla Creación Documento de Audio.

4.3.5 Creación de Documento de Imagen

La creación de Documento de Imagen se realiza a través de la interfaz gráfica mostrada en la pantalla 4.17 en la cual se muestra lo captado por la cámara de video. Cuando el usuario desea obtener una imagen selecciona del menú la opción "capturar", en donde se almacenará una fotografía. Si el usuario decide enviar esta fotografía se mostrará la pantalla de metadatos (figura 4.15) y se comenzará el proceso de envío de información.



Figura 4.17: Pantalla Creación Documento de Imagen.

4.3.6 Creación de Documento Almacenado en Dispositivo

Para esta prueba el usuario deberá seleccionar un documento del Sistema de Archivos, como se muestra en la figura 4.18, una vez seleccionado el archivo se mostrará la pantalla de metadatos mostrada en la figura 4.15 y se comenzará el envío de la información.



Figura 4.18: Pantalla Sistema de Archivos.

4.3.7 Descarga de Documentos

Para la realización de esta acción, el usuario deberá seleccionar un documento de su biblioteca digital, una vez que se ha seleccionado un documento (menos de 200 kb) se procederá a ver el navegador del Sistema de Archivos mostrado en la figura 4.19, en donde se seleccionará una ubicación en donde guardar el documento. Una vez seleccionada la carpeta se procederá con la descarga.



Figura 4.19: Pantalla Sistema de Archivos.

4.4 Impacto de la adaptación de servicios en Teléfonos de Tercera Generación

En el ámbito de bibliotecas digitales se ha observado un constante interés por ofrecer la información a los usuarios en un ambiente móvil, desarrollándose prototipos de accesos para los diversos repositorios de información, cubriendo así el ámbito de la computación móvil.

Dichos desarrollos se conforman por adaptaciones de páginas web, a través de portales WAP, que permiten el acceso a la información, por lo que el usuario únicamente podrá realizar consultas y en algunos casos descargas de información para los dispositivos más potentes como los PDA's.

El Cliente para teléfonos de Tercera Generación de PDLib, el cual implementa las adaptaciones propuestas en este trabajo ofrecen aparte de dar acceso a la información, la capacidad al usuario de interactuar con su biblioteca digital, permitiendo el almacenamiento de archivos creados desde el dispositivo, como lo son:

- Fotografías
- Sonidos
- Texto
- Archivos Almacenados en el Dispositivo

Estas ventajas le dan un valor agregado al desarrollo de éste cliente móvil que otros proyectos no ofrecen.

La utilización de un sistema de comunicación móvil de banda ancha, permite que el costo de las transacciones de información disminuyan notablemente, permitiendo así al usuario consultar la información de su interés en cualquier momento sin necesidad de contar con un enlace físico como cable o un router inalámbrico con conexión a Internet. De la misma manera la constante evolución de la telefonía móvil permite que los servicios que se ofrecen , como la banda 3G de comunicación, permite que los costos por la contrataciones de los servicios disminuyan rápidamente, por lo que en el transcurso de algunos años, este servicio estará al alcance de la mayoría de la población, caso que beneficiará a la computación móvil, sobre todo en el ámbito de desarrollos para teléfonos celulares.

Se debe recordar que las capacidades de un teléfono celular de Tercera Generación aún no alcanzan las capacidades de almacenamiento y cómputo de las computadoras personales y de las PDA's o Pocket PC , por lo que con este trabajo no se intenta suplir los clientes desarrollados para dichos dispositivos, sino ofrecer una alternativa más a los usuarios para el acceso a su información, agregando funcionalidad a la Biblioteca Digital con respecto a soporte de dispositivos, ya que como se ha comentado anteriormente, los teléfonos celulares son los dispositivos computacionales al que tienen alcance la mayor parte de la población.

4.5 Conclusiones

A manera de conclusión se puede decir que en este capítulo se abarcó la forma de implementación de los servicios propuestos para dar soporte a los teléfonos celulares de tercera generación. Se habló acerca de los problemas encontrados, y se propuso una solución a los mismos.

De la misma manera se realizaron las pruebas funcionales de los servicios en donde se probó el uso de cada uno de ellos, mostrando las interfaces de usuario para cada servicio propuesto otorgando los siguientes beneficios:

- Acceso a Información por la red celular.
- Bajo costo de acceso a la información a través de la red de banda ancha móvil.
- Posibilidad de crear documentos a través del dispositivo móvil.
- Búsqueda de Información a través del dispositivo móvil.

Capítulo 5

Conclusiones y Trabajo a Futuro

5.1 Introducción

En este capítulo se describen las conclusiones obtenidas en este trabajo con el fin de resumir la información obtenida en las investigaciones y las contribuciones que se obtuvieron. De la misma manera se presentarán las posibles modificaciones que se pueden realizar posteriormente como las líneas de investigación y desarrollo que se abren a partir de este trabajo.

5.2 Conclusiones

En la actualidad Las Bibliotecas Digitales, son de gran importancia en ámbito computacional, debido a que al ser repositorios donde se concentra la información, se puede generar conocimiento y se pueden realizar tomas de decisiones con mejores bases.

Dado a que el ámbito educativo, la investigación científica, y el ámbito empresarial tienen la necesidad de mantener la información generada disponible en todo momento para su consulta, se han desarrollado diversas soluciones informáticas para satisfacer dicha necesidad, éstas son las Bibliotecas Digitales, entre ellas podemos encontrar la Biblioteca Digital Greenstone, y PDLib, éste último siendo base del desarrollo del presente trabajo.

El acceso a la información almacenada desde dispositivos móviles es uno de los campos que mayor importancia e investigación ha tenido en los últimos tiempos, desarrollándose así prototipos y proyectos de acceso a las Bibliotecas Digitales por medio de portales web, mediante el desarrollo de micro sitios accesados desde la red WAP para teléfonos móviles, permitiendo a los usuarios consultar pequeñas cantidades de información ya que las limitantes de los dispositivos y los altos costos del uso de WAP no permiten el acceso a documentos enteros.

Con la aparición de las nuevas tecnologías de comunicación móvil, como las re-

des de banda ancha móvil o 3G, se rompe la restricción del flujo de información entre los dispositivos, bajando los costos de envío de datos. Abriendo así una amplia gama de posibilidades y soluciones informáticas para los teléfonos celulares de esta generación.

El aprovechar estas ventajas ofreciendo los servicios de biblioteca digital con la estructura propuesta en este trabajo, contribuye a mantener una alta disponibilidad de la información, permitiendo al usuario acceder a su información de interés en cualquier momento. Así el usuario no tendrá que depender de un enlace tradicional a Internet para consultar el contenido de su biblioteca digital personal.

Dado a las restricciones que aún presentan algunos dispositivos en cuestión de procesamiento y de despliegue de información, se realizó un cliente que se pudiera instalar en diversos dispositivos celulares, razón por la cual se utilizó el lenguaje de programación Java, permitiendo así que se pudiera realizar un poco de cómputo en el dispositivo móvil, y otro en los servidores de información, ofreciendo al usuario una interfaz de usuario más rica que con un micro sitio en la red, y dando la opción de manejar los servicios mínimos necesarios para tener una solución completa para el acceso y manejo de biblioteca digital, permitiendo las siguientes acciones:

- Realizar Consultas a la Biblioteca Digital.
- Descargar Información para su consulta Posterior.
- Almacenar documentos en la biblioteca digital.

Finalmente se puede decir que con la conclusión de este trabajo se ha aportado un avance más a que el acceso a la información personal a través de una biblioteca digital como lo es PDLib sea realmente un acceso en *cualquier lugar y en cualquier momento*.

En la siguiente Sección se hablará de posibles proyectos y modificaciones a futuro a partir del presente trabajo de investigación y desarrollo, abriendo así posibilidades de mejoras.

5.3 Trabajo Futuro

Existen diversos campos que se pueden mejorar y explorar dentro del ambiente de la computación móvil, desde el manejo de la información y su almacenamiento, hasta el proceso de datos y memoria dentro del dispositivo. Esta es la razón por la cual se enlistarán un conjunto de aspectos que se pueden mejorar al presente trabajo y que en un futuro se pueden realizar con los avances que muestre la tecnología, la cual avanza y mejora día a día.

- **Optimización de la Descarga de Archivos.**

Debido al problema presentado en el Capítulo 4, en el cual se explica la razón por la cual no es posible descargar documentos de cualquier tamaño en los dispositivos móviles, es necesario investigar y hacer los trámites necesarios para que se obtenga un certificado para ingresar al dominio de Operador confiable, para que de ésta manera se pueda implementar totalmente el método de descarga de documentos sin importar el tamaño de los mismos, escribiendo directamente en el sistema de archivos.

Un trabajo futuro es la optimización de la descarga de archivos por medio de algún otro método diferente a los propuestos en este trabajo, o en su defecto como se acaba de mencionar conseguir la forma de certificar la aplicación de tal manera que la aplicación no requiera la autorización del usuario cada vez que hace un acceso al sistema de archivos del dispositivo.

- **Optimización de manejo de codecs Multimedia.** Un problema que se encontró durante la creación del cliente móvil fue la diversa cantidad de codec con los que cuentan los dispositivos móviles para Audio y Video. El problema es que no todos los teléfonos celulares cuentan con los mismos codecs.

Esta fue la razón por lo cual se decidió implementar los servicios de grabación de imágenes y audio con codecs genéricos para todos los dispositivos: JPEG para imágenes, y .WAV para audio.

El trabajo a futuro consiste en optimizar la grabación de archivos multimedia, mostrando los codecs que reconoce cada dispositivo, dándole así libertad al usuario de elegir el tipo de compresión para el archivo a crear. De esta manera se puede crear una mayor diversidad de archivos con diferentes extensiones y calidad de los mismos.

- **Adaptación de Servicios de Administración de Colecciones.** Ofrecer los servicios mínimos necesarios para el manejo de bibliotecas digitales es la premisa que se siguió para la creación de este trabajo. Estos servicios son los de acceso, consulta y creación de información dentro de la biblioteca digital personal.

Con los avances que existen dentro de los dispositivos y el rápido aumento de las capacidades de cómputo y almacenamiento, se podrán aumentar servicios de biblioteca personal. Uno de los servicios que se puede implementar en un trabajo a futuro es el acceso a la administración de colecciones, el poder crear, borrar colecciones con el fin de administrar el contenido en la biblioteca personal digital es uno de las tantas funcionalidades que se le pueden agregar a este trabajo.

- **Interoperabilidad con Otras Bibliotecas e Internet.** El Proyecto PDLib cuenta con una capa de interoperabilidad en su estructura como se vio en el capítulo 3. Esta interacción con otros repositorios de información permiten aumentar la diversidad de información ofrecida por el proyecto, de tal forma que la cooperación entre las fuentes de información y el concepto de grupos colaborativos se ve involucrado con las bibliotecas digitales.

El cliente móvil no cuenta con los servicios de acceso a información a librerías por medio del protocolo OAI y con librerías Dspace, como lo hace el cliente web original. Por lo que puede ser interesante que se pudiera acceder a información que se encuentre en otros tipos de repositorios desde el teléfono celular.

De la misma manera es interesante la interacción de la búsqueda de información a través de los motores de búsqueda de Google y Yahoo!. El poder interactuar con fuentes de información tan grandes puede dar un valor agregado a la computación móvil y al acceso a bibliotecas digitales desde dispositivos móviles. El problema aquí es el poder mostrar en la pantalla limitada cuales son los resultados obtenidos desde los motores de búsqueda.

- **Sindicalización de Colecciones Móviles.** El Proyecto PDLib, como se vio en el capítulo 3, cuenta en el MCM con una capa de Sindicalización y Lector de Feeds, la cual podría ser utilizada para informar a los clientes móviles de las modificaciones que existen en las bibliotecas existentes en el proyecto, ofreciendo así una actualización de los datos y documentos preferidos por el usuario.
- **Implementación de Encriptación** Es necesario realizar un análisis profundo de la seguridad de las transacciones en el proyecto PDLib, ya que al enviarse la información vía web, existe la posibilidad de vulnerabilidades y ataques informáticos que pueden reflejarse en robo de información e identidades.
- **Otras Redes o Conexiones** Existe posibilidades de poder realizar redes ad hoc a través de dispositivos como Bluetooth o receptores y emisores de infrarrojo. Esta área de comunicación puede abrir en los clientes móviles una nueva perspectiva en interacción entre bibliotecas y compartición de archivos.
- **Creación Página Móvil de PDLib** Se necesita crear una página web para el acceso a dispositivos móviles, permitiendo así la instalación de la aplicación resul-

tante de este trabajo de investigación sin la necesidad de grabar los instaladores dentro del dispositivo móvil.

- **Estudios de Usabilidad de Interfaz de Usuario** Es importante realizar un estudio profundo para poder evaluar el diseño de las interfaces de usuarios de los clientes móviles de PDLib, ofreciendo así unos clientes fáciles de usar y de un aprendizaje sencillo hacia los usuarios.

Apéndice A

Diagrama de Clases SmarthPhone Client

En la figura A.1 se presenta el diagrama de clases del cliente móvil para teléfonos celulares de tercera generación

Para el funcionamiento del cliente se utilizaron dos componentes ya existentes:

- **kXML-RPC** Las clases contenidas en este paquete son las encargadas de la comunicación y la invocación de procedimientos en el Middleware de Comunicación Móvil a través de servicios web. Entre las clases que se encuentran definidas en kXML-RPC se encuentran: XmlRpcServer encargado de definir la dirección y el puerto en donde se encuentra el servidor de los servicios web, XmlRpcParser es el encargado de interpretar las peticiones y respuestas por parte del servidor en formato XML, XmlRpcWriter es la clase encargada de enviar los datos por la red.
- **Clases del MCM** Se migraron las clases que utiliza el MCM para poder encapsular sus datos, ya que es la forma en que éste envía las respuestas hacia los clientes. Entre las clases que se migraron del MCM se encuentran: Session, Document, Collection, DocumentRetrieveThread, CollectionRequest, CollectionResponse, Data. Las cuales se explican de manera breve a continuación.

Session Esta clase tiene como fin identificar la conexión con un cliente móvil por un determinado tiempo.

Document Esta clase representa a un Documento de la Biblioteca, entre sus atributos podemos encontrar la lista de metadatos, el nombre, los identificadores de biblioteca, colección y documento.

Collection Esta clase representa una Colección perteneciente a una Biblioteca. Entre sus atributos podemos encontrar la lista de permisos de los documentos y colecciones que se encuentran dentro de ella, la lista de colecciones y documentos que contiene, el identificador de la biblioteca a la que pertenece y quién es su colección padre.

DocumentRetrieveThread Esta clase es la encargada de realizar la descarga de documentos. Para su funcionamiento es necesario ingresar los identificadores de biblioteca, colección y documento al que se quiere acceder.

CollectionRequest Esta clase es la encargada de la petición de una colección, entre los atributos que se encuentran en ella es la de identificador de biblioteca y colección al que se quiere tener acceso.

CollectionResponse Es la forma de encapsulación de un objeto Collection, contiene los datos del objeto Collection en forma de HashTable.

Data Esta clase es la encargada de interpretar los datos que forman el contenido de un Documento, cuenta con un arreglo de Strings y de Bytes para el manejo de la información convirtiendo el String a Bytes mediante el cifrado Base64, el cual es el que utiliza XML-RPC para el manejo de Bytes.

A continuación se explicarán las clases del Cliente móvil.

UI. Esta es la clase principal del Cliente, Es la encargada del Interfaz de usuario. Esta clase la componen todos los Comandos que se presentan en la interfaz de usuario, y los procesos para mostrar la información en el teléfono celular.

Multimedia. Esta clase se encargará de la creación y del acceso a la cámara digital con la que cuenta el dispositivo móvil, De la misma manera se encargará del envío de la información al Middleware de Comunicación Móvil para que éste a su vez lo envíe al Servidor de Datos.

AudioDocument. La Clase Audio Document se encargará de la grabación de audio, el cual se puede reproducir y enviar para su almacenamiento en la biblioteca digital.

TextDocument. Esta clase creará un Cuadro de Texto en el cual en donde se podrá ingresar 200 caracteres de texto. Esta clase también enviará al Servidor de Datos el texto ingresado por el usuario.

FileSystem. Esta clase se encargara del acceso al Sistema de Archivos del dispositivo, a través de hilos se realizarán las acciones necesarias para la navegación entre carpetas.

FileSystemDocument. Esta clase se encargará de enviar un documento al Servidor de Datos, el cual se deberá de encontrar almacenado previamente en el Sistema de Archivos del Dispositivo.

Search. Esta clase se encargará de la generación de la petición de búsqueda al MCM, de la misma manera se encargará de desplegar los resultados obtenidos de la ejecución de la búsqueda.

User. Esta clase mantendrá la información del usuario registrado, entre sus atributos se encuentran el Identificador de la biblioteca que le corresponde la usuario, el nombre de usuario, la sesión correspondiente y el password del usuario.

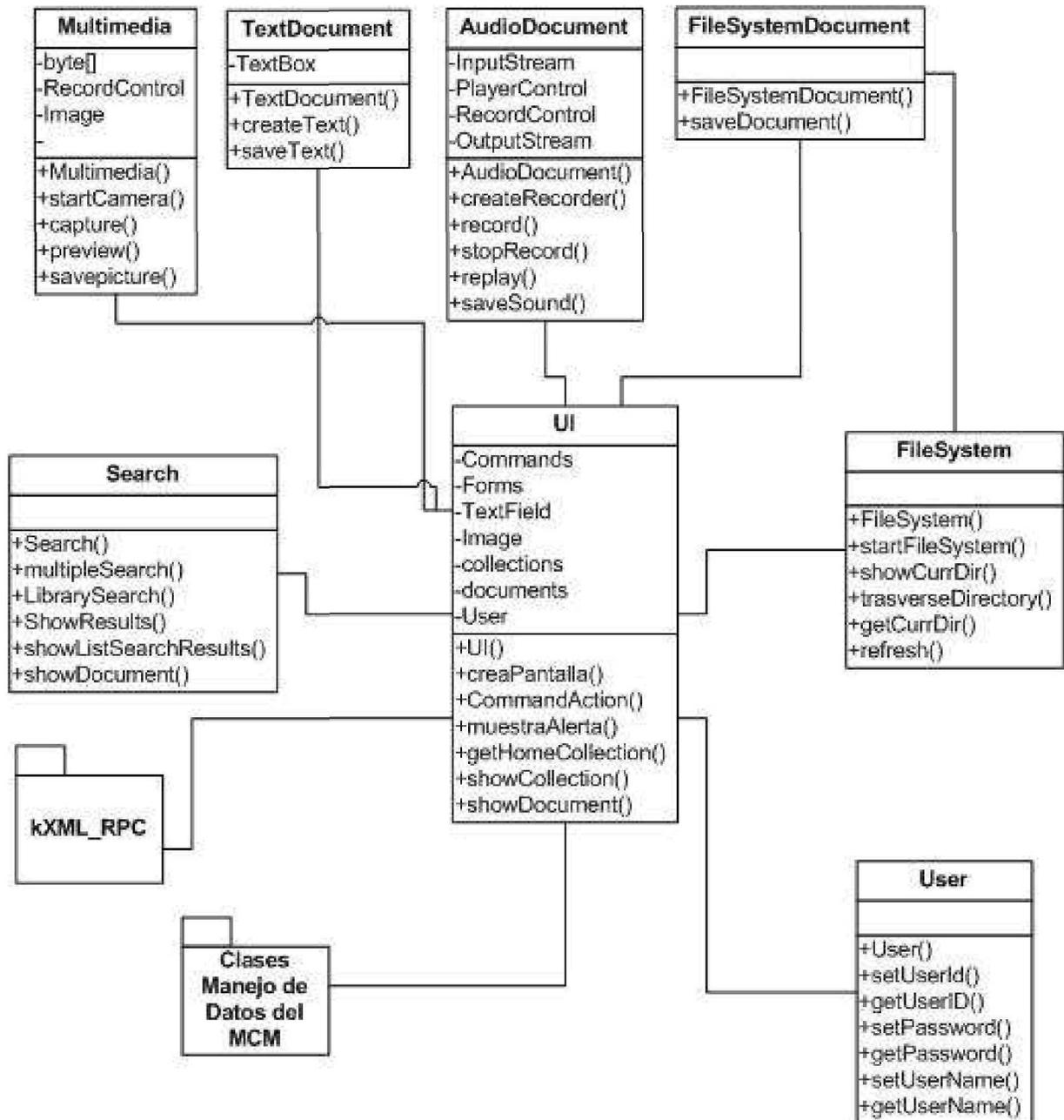


Figura A.1: Diagrama de Clases Cliente Móvil.

Bibliografía

- [1] David A. Garza Salazar, Juan Arturo Nolazco Flores, Martha Sordia Salinas; PDLib: Infraestructura para Servicios de Bibliotecas Digitales en Ambientes Móviles; ITESM Campus Monterrey; Monterrey; México;
- [2] Mangione Smith William; Mobile Computing and Smart Spaces; IEEE Computer Volume 6, Issue 4, Oct.-Dec. 1998.
- [3] Steven J. Vaughan-Nichols; OSs Battle in the Smart-Phone Market ; IEEE Computer Volume 36, Issue 6, June 2003 Page(s):10 - 12
- [4] Sergio Gálvez Rojas, Lucas Ortega Díaz; Java a Tope: J2ME (JAVA 2 MICRO EDITION). Edición Electrónica; Dpto. de Lenguajes y Ciencias de la Computación E.T.S. de Ingeniería Informática Universidad de Málaga. 2003.
- [5] Maximiliano Firtman; Desarrollos Móviles con .NET. Programación para Celulares y PDA's; Users.code Manuals. 2005. Editorial MP Ediciones.
- [6] M. Satyanarayanan. Fundamental challenges in mobile computing. In Symposium on Principles of Distributed Computing, pages 1 to 7, 1996.
- [7] Gartner Research, Personal Digital Overview; Technology Overview Gartner; March 2004
- [8] Miguel Angel Escoffie Puerto; Un enfoque de adaptación de contenido basado en la extracción automática de keyphrases para bibliotecas digitales en ambientes móviles; Tesis de Posgrado, ITESM campus Monterrey Mayo 2006.
- [9] Judith Martínez Rodríguez, Oscar Cruz Mendoza; Dirección General de Servicios de Cómputo Académico, UNAM México DF. Abril 2005.
- [10] George Buchanan, Matt Jones and Gary Marsden; Exploring Small Screen Digital Library Access with the Greenstone Digital Library; Proceedings of the 6th European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries;Pages: 583 - 596;2002
- [11] Nohema Castellanos, J. Alfredo Sánchez; PoPS: Mobile Access to Digital Library Resources; IEEE Joint Conference on Digital Library 2003 (JC DL03); 2003

- [12] Francisco Alvarez Cavazos, David Garza Salazar, Juan Carlos Lavariega Jarquín, PDLib: Personal Digital Library with Universal Access; IEEE Joint Conference on Digital Library 2005 (JCDL05); 2005
- [13] Francisco Alvarez Cavazos, Roberto García Sánchez, David Garza Salazar, Juan Carlos Lavariega Jarquín, Martha Sordia, Lorena Gómez; Universal Access Architecture for Digital Libraries; Technical report. Informatics Research Center, ITESM, Campus Monterrey, 2005.
- [14] XML-RPC web page - XML-RPC Protocol. Disponible en: <http://www.xmlrpc.com/>; Accesado en marzo de 2008.
- [15] Miguel Arellano Nieves; Interoperabilidad de una Biblioteca Digital Personal con Buscadores y Feeds en Internet; Tesis de Maestría, ITESM Campus Monterrey 2006.
- [16] Alejandro Moran Zea; Incorporación de Repositorios DSPACE como parte de una Arquitectura para Bibliotecas Digitales; Tesis de Maestría, ITESM Campus Monterrey 2007.
- [17] Mobile Media API (MMAPI)Java Sun Reference. Disponible en <http://java.sun.com/products/mmapi/> ; acceso en marzo de 2008.
- [18] File Connection API; Java Sun Reference. Disponible en <http://java.sun.com/j2ee/connector/> ; Accesado en marzo de 2008.
- [19] Symbian OS Web Page. Disponible en <http://www.symbian.com/files/rx/file8929.pdf> ; Accesado en marzo de 2008
- [20] Palm OS and Products Web Page. Disponible en http://euro.palm.com/es/es/products/compare_smartphones.html ; Accesado en marzo de 2008.
- [21] Windows Mobile Web Page. Disponible en <http://www.microsoft.com/windowsmobile/default.mspx>; Accesado en marzo de 2008.
- [22] kxml-rpc implementation. Disponible en: <http://kxmlrpc.objectweb.org/> ; Accesado en marzo de 2008
- [23] kxml proyect. Disponible en: <http://kxml.sourceforge.net/> Accesado en marzo de 2008.
- [24] Sun Microsystem Developer Newtwork. Understanding MIDP Systems Threads. Artículo disponible en: <http://developers.sun.com/mobility/midp/ttips/threading3/index.html>. Accesado en abril de 2008.
- [25] Sun Microsystem MIDP 2 Specification. Disponible en <http://java.sun.com/javame/reference/apis.jsp>; Accesado en abril de 2008.

- [26] Agustín La Cruz, María del Carmen; Bibliotecas Digitales y Sociedad de Información. Artículo de la Universidad de Zaragoza; 1998; Disponible en: <http://ibersid.eu/ojs/index.php/scire/article/viewFile/1097/1079>; Accesado en mayo 2008.
- [27] Nabil R. Adam, Sujata Banerjee, Richard Holowczak; A Dynamic Manifestation Approach for Providing Universal Access to Digital Library Objects; IEEE Transaction on Knowledge and data engineering, Vol 13, No. 4. ; Julio / Agosto 2001.
- [28] Greenstone Digital Library Project home page. Disponible en: <http://www.greenstone.org/> Accesado en mayo de 2008.
- [29] William Jansen, Kris Popat; UpLib: A Universal Personal Digital Library Project System. ; ACM Symposium on Document Engineering, Nov 20-22, 2003, Grenoble, France.
- [30] ITESM Phronesis project home page. Disponible en : <http://copernico.mty.itesm.mx/phronesis/project/Default.html> ; Accesado en mayo de 2008.
- [31] ITESM PDLin Project home page. Disponible en: <http://copernico.mty.itesm.mx/pdlib> ; Accesado en mayo de 2008.
- [32] Koha Home Page. Disponible en: <http://www.koha.org/> Accesado en mayo de 2008.
- [33] Standford Digital Library Project Home Page. Disponible en: <http://dbpubs.stanford.edu:8091/diglib/pub/index.shtml> Accesado en mayo de 2008.
- [34] Semantic Personal Digital Library Home Page. Disponible en: <http://sourceforge.net/projects/spdl> Accesado en mayo de 2008.

