



Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ingeniería Ensenada



Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería

Tesis

**Desarrollo de un Sistema Generador de Encuestas Diseñado para Dispositivos
Móviles**

Que para obtener el grado de

Maestro en Ingeniería

Presenta

Edith Zúñiga Rojas

Director de Tesis:

M.C. Elitania Jiménez García

Ensenada Baja California, México, Marzo de 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD ENSENADA

Tesis

**Desarrollo de un Sistema Generador de Encuestas para
Dispositivos Móviles**

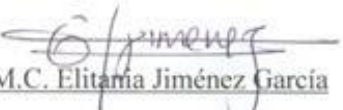
Que para obtener el grado de

Maestro en ingeniería

Presenta:

Edith Zúñiga Rojas

Aprobada por:


M.C. Elitania Jiménez García
Director de tesis


Dr. Juan Iván Nieto Hipólito
Miembro del comité


M.C. Christian Xavier Navarro Cota
Miembro del comité


M.I. Víctor Rafael Nazario Velázquez Mejía
Miembro del comité

Ensenada, Baja California, México. Marzo de 2009

Resumen

En este trabajo se presenta la metodología de desarrollo del Sistema Generador de Encuesta Diseñado para Dispositivos Móviles (SGEDM), el cual permite diseñar y aplicar encuestas utilizando dispositivos móviles como PDA's y teléfonos inteligentes. El objetivo principal de este sistema es reemplazar los procesos o actividades que se llevan a cabo manualmente en la realización de las encuestas, y proporcionar las siguientes ventajas: sustituir el uso de lápiz y papel o computadoras portátiles con dispositivos móviles más óptimos para trabajo de campo, reducir costos en papelería, eliminar los procesos de transcripción de resultados al almacenar las respuestas en el dispositivo móvil y sincronizar éstos con el servidor de base de datos, disminuir el tiempo de la realización de una encuesta al incorporar saltos entre preguntas, eliminar la posibilidad de dejar preguntas incompletas o sin contestar al validar cada una de éstas, entre otras.

Con base al análisis e investigación de trabajos previos, sistemas de encuestas para dispositivos móviles comerciales y la revisión de literatura, se definieron las características deseables que deben proveer este tipo de sistemas. Una vez definidas las funcionalidades del SGDEM, se desarrolló siguiendo la metodología de desarrollo de la Ingeniería de Software, el modelo de cascada, aplicando herramientas de análisis y diseño como diagramas UML, y utilizando el paradigma de programación por capas. Así mismo, en este trabajo de tesis se presentan los resultados de las pruebas de funcionalidad y rendimiento aplicadas al SGEDM.

ÍNDICE

CAPÍTULO I..... 5

1.	Introducción	5
1.1.	Planteamiento del problema.....	6
1.2.	Justificación	7
1.3.	Antecedentes	7
1.4.	Preguntas de investigación.....	8
1.5.	Hipótesis	8
1.6.	Objetivos.....	8
1.6.1.	Objetivo general	8
1.6.2.	Objetivos específicos	8
1.7.	Metas	9
1.8.	Limitaciones del estudio	9

CAPÍTULO II. 10

2.	Estado del arte.....	10
2.1.	Introducción.....	10
2.2.	Las encuestas	10
2.3.	Sistemas y aplicaciones para dispositivos móviles	15
2.3.1.	Dispositivos móviles	15
2.3.2.	Sistemas y aplicaciones móviles	16
2.4.	Marco teórico.....	18
2.5.	Resumen	22

CAPÍTULO III..... 23

3.	Metodología.....	23
3.1.	Introducción.....	23
3.2.	Ingeniería de Software	23
3.3.	La Ingeniería de software en el desarrollo del SGEDM	25
3.3.1.	Análisis de requerimientos	26
3.3.2.	Análisis	27
3.3.2.1.	Diagramas de casos de uso	27
3.3.2.2.	Diagramas de actividades	29
3.3.3.	Diseño	30
3.3.3.1.	Arquitectura del sistema	30
3.3.3.2.	Diccionario de datos	31
3.3.3.3.	Diagrama Entidad – Relación	32
3.3.3.4.	Diagramas de secuencia.....	33
3.3.3.5.	Diagramas de ventanas	34
3.3.3.6.	Diseño de la Interface	35
3.3.4.	Implementación (Programación).....	37
3.3.4.1.	Programación del SGEDM	37
3.3.4.2.	Programación de la aplicación del dispositivo móvil	42
3.3.4.3.	Servicios Web.....	43
3.3.4.4.	Hardware y software utilizado	44
3.3.5.	Pruebas.....	45
3.3.6.	Resumen	45

CAPÍTULO IV.....	46
4. Sistema Generador de Encuestas Diseñado para Dispositivos Móviles (SGEDM)	46
4.1. Introducción.....	46
4.2. Características.....	46
4.3. Módulos del SGEDM	47
4.4. Funcionalidades del módulo SGEDM – PC	49
4.5. Funcionalidades del módulo SGEDM – PDA	53
4.6. Funcionalidades del módulo SGEDM – Sync	55
4.7. Comparación del SGEDM con otros sistemas	56
4.8. Resumen	56
CAPÍTULO V.....	57
5. Pruebas de función y Rendimiento aplicadas al SGEDM	57
5.1. Introducción.....	57
5.2. Equipo utilizado.....	57
5.3. Variables dependientes e independientes.....	58
5.4. Evaluación	58
5.4.1. Módulo SGEDM – PC	58
5.4.2. Módulo SGEDM – PDA	60
5.5. Resultados.....	60
5.5.1. Módulo SGEDM – PC	60
5.5.1.1. Funcionalidad	60
5.5.1.2. Errores	60
5.5.2. Módulo SGEDM – PDA	61
5.5.2.1. Tiempo de respuesta	61
5.5.2.2. Memoria.....	64
5.5.2.3. Funcionalidad	66
5.5.2.4. Errores	66
5.6. Resumen	67
CAPITULO VI.....	68
6. Conclusiones	68
6.1. Trabajo futuro	69
BIBLIOGRAFÍA.....	70
Anexo A.....	72

Índice de Figuras

Figura 1. Clasificación de las preguntas de una encuesta.	11
Figura 2. Modelo lineal secuencial (Modelo de cascada).	24
Figura 3. Modelo de cascada modificado para el desarrollo del SGEDM.	25
Figura 4. Diagrama general de Casos de Uso del SGEDM.	28
Figura 5. Diagrama de actividades del caso de uso <i>Crear Encuesta</i>	29
Figura 6. Arquitectura del SGEDM.	30
Figura 7. Diagrama Entidad – Relación.	32
Figura 8. Diagrama de secuencia Aplicar Encuesta.	33
Figura 9. Diagrama de ventanas del caso de uso aplicar encuesta.	34
Figura 10. Pantalla principal del SGEDM.	35
Figura 11. Menú de acceso a las funciones del SGEDM.	36
Figura 12. Botones de rápido acceso a las funciones del SGEDM.	36
Figura 13. Arquitectura de la programación en capas.	38
Figura 14. Capas del SGEDM.	39
Figura 15. Componentes principales de ADO.NET (Microsoft, Acceso a Datos con ADO.NET).	41
Figura 16. <i>Stored Procedures</i> del SGEDM.	42
Figura 17. Entorno de desarrollo de la aplicación del dispositivo móvil.	43
Figura 18. Módulos del SGEDM.	47
Figura 19. Ventana de acceso al módulo SGEDM – PC.	49
Figura 20. Plantillas de encuestas.	49
Figura 21. Ventana de diseño del cuestionario de una encuesta.	50
Figura 22. Reportes de una encuesta.	51
Figura 23. Bitácora de la encuesta.	51
Figura 24. Ventana de administración de usuarios.	52
Figura 25. Conexión al Servidor.	53
Figura 26. Autenticación del entrevistador.	53
Figura 27. Descargar una encuesta.	54
Figura 28. Sincronizar resultados.	54
Figura 29. Aplicación de una encuesta en el dispositivo móvil.	54
Figura 30. Servicios web del modulo SGEDM – Sync.	55
Figura 31. Bitácoras de 101 encuestas aplicadas.	63
Figura 32. Respuestas de 101 encuestas aplicadas.	63
Figura 33. Respuestas abiertas de 101 encuestas almacenadas en la PDA.	63
Figura 34. Memoria utilizada en la PDA 1 sin y con encuestas almacenadas.	64
Figura 35. Memoria utilizada en la PDA 2 sin y con encuestas almacenadas.	65
Figura 36. Memoria utilizada en la PDA 3 sin y con encuestas almacenadas.	65
Figura 37. Memoria utilizada sin encuestas almacenadas.	66
Figura 38. Memoria utilizada con encuestas almacenadas.	66
Figura 39. Diagrama de caso de uso del módulo de Administración de Encuestas.	74
Figura 40. Diagrama de caso de uso del módulo Generar Cuestionario.	75
Figura 41. Diagrama de caso de uso del módulo Usuarios.	76
Figura 42. Diagrama de caso de uso del módulo SGEDM - PDA.	76
Figura 43. Diagramas de casos de uso del módulo Sincronizar.	77
Figura 44. Diagrama de caso de uso del módulo Reportes.	77

Índice de Tablas

Tabla 1. Características de los sistemas de encuestas móviles.	21
Tabla 2. Tablas de la base de datos del SGEDM.	31
Tabla 3. Encuestas creadas en el SGEDM – PC.	59
Tabla 4. Encuestas creadas en el SGEDM – PC, utilizando plantillas.	59
Tabla 5. Número de secciones, preguntas y posibles respuestas en cada encuesta.	59
Tabla 6. Tamaño de una encuesta.	59
Tabla 7. Tiempos de acceso medidos utilizando una PDA.	61
Tabla 8. Tiempos de acceso medidos utilizando dos PDA simultáneamente.	62
Tabla 9. Tiempos de acceso medidos al utilizar tres PDA simultáneamente.	62

CAPÍTULO I.

1. Introducción

Vivimos en tiempos, donde a diario se toman importantes decisiones con base en información confiable y verídica, donde la sociedad, demanda un rápido y preciso flujo de información sobre las preferencias, necesidades y comportamiento de sus miembros. En respuesta a esta necesidad crítica de información, oficinas gubernamentales, de comercio, así como instituciones sociales, de salud, de educación, y políticas, utilizan las encuestas como uno de los medios para obtener esta información.

La encuesta se define como la recopilación de obtenidos mediante consulta, referentes a cualquier aspecto de la actividad humana (Gortari datos, 2000), por ejemplo, para evaluar procesos, productos e investigaciones. Existen diferentes tipos de encuestas: personales, telefónicas, postales y por Internet. En este trabajo de tesis solamente se trabajará con las encuestas personales, las cuales pueden efectuarse apoyándose en el uso de los dispositivos móviles, aprovechando la capacidad de procesamiento y almacenamiento de estos dispositivos, la posibilidad de conectarse a una red (generalmente inalámbrica), lo que junto con su tamaño y movilidad, los provee de una capacidad única de apoyo “in situ” en prácticamente cualquier escenario del quehacer humano.

1.1. Planteamiento del problema

Las encuestas personales, se siguen realizando de manera no automatizada o parcialmente automatizada, es decir, el cuestionario de la encuesta se elabora utilizando un editor de texto, posteriormente se imprime, fotocopia y distribuye entre los encuestadores quienes aplican la encuesta, utilizando lápiz y papel, a una muestra de la población previamente seleccionada. Cada una de las respuestas es anotada en la hoja del cuestionario u hoja de respuestas. Una vez que se aplica la encuesta a todas las personas seleccionadas, se da por finalizada la fase de recopilación de datos y el encuestador o persona a cargo de esta fase, debe codificar cada uno de los cuestionarios y transcribir las respuestas a un programa informático que le permita manipular los datos, para obtener la información que se desee. Analizando el proceso anterior se observan las siguientes desventajas:

- Consumo excesivo de papelería.
- Una vez que ya se diseñaron las encuestas y se fotocopiaron, es difícil hacer modificaciones en papel.
- En algunos casos cuando se les pide a los encuestadores registrar las respuestas en una hoja separada, el encuestador puede fácilmente cometer errores marcando una respuesta en una fila o columna equivocada.
- Las respuestas borradas o reescritas pueden causar errores de lectura cuando se utiliza un escáner para digitalizar las hojas de respuestas.
- El cuestionario puede estar incompleto por fallas del fotocopiado.
- Repetición de tareas, al capturar las respuestas en papel y después transcribirlas a una base de datos o programa informático para su análisis.
- Aumenta la probabilidad de errores durante la captura y al transcribir las respuestas.
- Posible disminución de la fiabilidad de los datos si ocurre un error al momento de transcribir u omitir una respuesta.
- Durante la recolección de los datos manualmente se podrían dar el caso de dejar respuestas incompletas o en blanco, las cuales son detectadas hasta el momento de la transcripción de los datos.

1.2. Justificación

Aun cuando ya existen en el mercado diferentes sistemas para la aplicación de encuestas apoyadas por el uso de dispositivos móviles, en este trabajo se pretende desarrollar un sistema generador de múltiples encuestas para dispositivos móviles aplicando la metodología de la ingeniería de software, el modelo de cascada, y el paradigma de la programación por capas, documentando todo el proceso de desarrollo e investigación, con el objetivo de reducir las desventajas de las encuestas personales realizadas con lápiz y papel o computadora y analizar el uso y rendimiento de los dispositivos móviles en el área de captura y análisis de la información.

1.3. Antecedentes

Existen en el mercado sistemas desarrollados para la aplicación de encuestas que utilizan dispositivos móviles como instrumento de recolección de datos, algunos de ellos son: Sintecta, Survey System, Entryware, Snap Survey y QSS (*Quick Survey System*). Algunas de sus características son las siguientes:

- Los sistemas Survey System, Snap Survey y QSS son desarrollados para dispositivos Pocket PC con plataforma Windows Mobile, mientras que Sintecta y Entryware utilizan la plataforma Palm.
- Todos estos sistemas están conformados por módulos de diseño, administración o aplicación de la encuesta y análisis de resultados, solamente QSS no incorpora el módulo de análisis de resultados.
- Además del desarrollo de encuestas para PDA, también permiten la realización de otro tipo de encuestas como telefónicas, por Internet, e incluso por papel.
- Para adquirir estos sistemas se requiere el pago de una licencia; y en algunos casos, para adquirir éstas, se requiere ser parte de un grupo conformado por empresas de investigación de mercado y opinión.

1.4. Preguntas de investigación

- En comparación con los otros sistemas de encuestas para dispositivos móviles, ¿Qué beneficios tiene el SGEDM?
- ¿Cuáles son las características que debe proveer todo sistema de encuestas para dispositivos móviles?

1.5. Hipótesis

- El SGEDM permitirá generar, administrar y aplicar múltiples encuestas utilizando dispositivos móviles.
- El SGEDM reducirá las desventajas que tienen las encuestas personales que utilizan lápiz y papel para su aplicación.
- El tiempo de acceso entre el dispositivo móvil y el servidor será mínimo.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

El objetivo general de esta tesis es desarrollar un sistema que permita generar y administrar múltiples encuestas para un dispositivo móvil, reemplazando los procesos o actividades que se llevan a cabo manualmente en la realización de las mismas.

1.6.2. Objetivos específicos

Con el fin de lograr el objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los sistemas y herramientas para la realización de encuestas ya existentes, para tomar las mejores características de éstos.
- Realizar el análisis y diseño del sistema.
- Desarrollar el sistema utilizando la programación por capas.
- Realizar pruebas de funcionalidad al sistema.

1.7. Metas

- Desarrollar un sistema para encuestas utilizando dispositivos móviles que tenga al menos el 80% de las características deseables que debe proveer este tipo de sistemas.
- Desarrollar un sistema que permita almacenar múltiples encuestas y sus resultados en un dispositivo móvil.
- El tiempo de acceso en el que se presenten las peticiones por el dispositivo móvil al servidor debe ser menos de 60 segundos.
- Los usuarios del SGEDM podrán conectarse al servidor de forma simultánea.

1.8. Limitaciones del estudio

Para el desarrollo de este sistema se tienen la siguiente limitación:

- El Sistema Generador de Encuestas será diseñado y evaluado sólo para Pocket PC con sistema operativo Windows CE o superior, y podría fácilmente ser adaptado para teléfonos inteligentes.
- El sistema no implementará graficas de resultados, solamente reportes.

CAPÍTULO II.

2. Estado del arte

2.1. Introducción

En este capítulo se hace una revisión de los elementos que intervienen en la realización de las encuestas mediante dispositivos móviles: las encuestas, características de los dispositivos y tipos de soluciones que se pueden desarrollar para éstos, las principales características de los sistemas para aplicación de encuestas utilizando dispositivos móviles que existen en el mercado, y por último las características deseables que este tipo de sistemas debería proveer.

2.2. Las encuestas

La encuesta es una técnica de investigación utilizada para recolectar información de o acerca de un grupo de personas, para describir, comparar, o explicar sus conocimientos, actitudes y comportamientos. Personas, comunidades, escuelas, empresas, e investigadores usan las encuestas para conocer acerca de los sentimientos, creencias, intereses, valores, hábitos y preferencias de las personas (Fink, 2003); así como también para obtener datos de carácter demográfico y socioeconómico de la población.

Varios sectores de la política, educación, gobierno, manufactura, salud, negocios, comercios, asistencia social, entre otros, emplean esta herramienta para evaluar sus procesos, productos e investigaciones. En algunos casos, cuando las encuestas son complejas y extensas, recurren a empresas de investigación de mercados y opinión pública para la aplicación de la encuesta, las cuales han empleado este mecanismo como una técnica efectiva para obtener información útil, precisa y confiable.

Una encuesta se compone de seis actividades principalmente (Fink, 2003), las cuales son: 1) definir el tema u objetivo del estudio, 2) diseño del estudio, 3) diseño y elaboración del instrumento de recolección de datos, 4) aplicación de la encuesta, 5) gestión y análisis de los datos de la encuesta, y 6) reporte de resultados. En la primera actividad se define cual es el objetivo del estudio o investigación que se va a realizar, en el diseño del estudio se selecciona la población a la que será aplicada la encuesta; algunas veces cuando la población es muy grande se selecciona cierta parte de ella, a la que se denomina muestra representativa de la población;

posteriormente se diseña y elabora el cuestionario de la encuesta, el cual es un instrumento fundamental para la recolección de datos y está conformado por preguntas acerca del tema de investigación, posibles respuestas e instrucciones claras y precisas para la captura de los datos. Las encuestas son fáciles de aplicar y su efectividad depende principalmente de esta actividad. Si el cuestionario no está bien diseñado, se obtienen resultados erróneos e inútiles. Un cuestionario debe estar diseñado correctamente, con preguntas bien planteadas e instrucciones claras y precisas. Las preguntas son la parte más importante de la investigación, ya que del planteamiento que se les dé, se obtendrán los resultados requeridos. Estas se clasifican en función de su respuesta, esto es, según su contestación, contenido y función, como se muestra en la Figura 1.

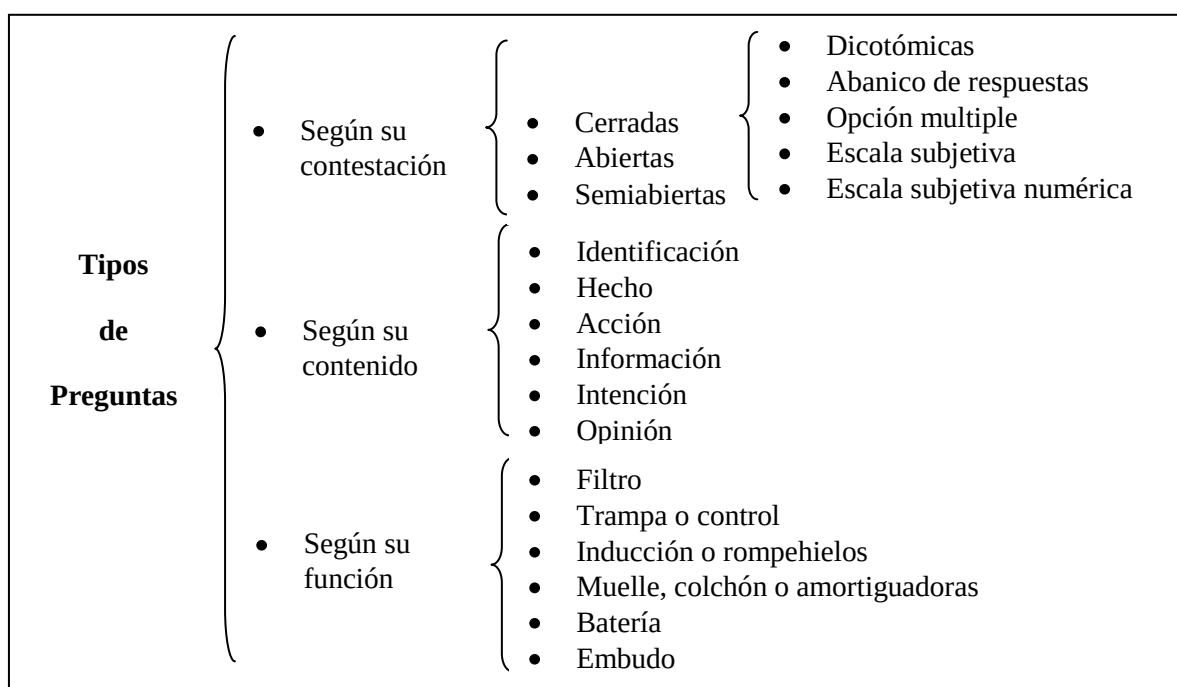


Figura 1. Clasificación de las preguntas de una encuesta.

Las preguntas según su contestación a su vez se clasifican en cerradas, abiertas y semiabiertas. Las **preguntas cerradas**, son aquellas en las que se le pide elegir al encuestado de un conjunto de respuestas, a este tipo de preguntas se les conoce como opción múltiple, dicotómicas, de abanico de respuestas, escala subjetiva y escala subjetiva numérica. A continuación se definen brevemente cada una de ellas:

- Las preguntas dicotómicas, son las que tienen solamente dos posibles respuestas, como por ejemplo, si o no.
- Las preguntas de abanico de respuestas, son aquellas en las que el encuestado debe elegir una respuesta entre un determinado número de respuestas posibles.
- Las preguntas de opción múltiple, son aquellas en las que el encuestador puede elegir una o más respuestas de un determinado número de respuestas posibles.
- Las preguntas de escala subjetiva son un conjunto de respuestas según una escala, por ejemplo, excelente, muy bueno, bueno, regular y malo.
- Las preguntas de escala subjetiva numérica, son similares a las anteriores, pero con posiciones numéricas.

Las **preguntas abiertas** son las que el encuestado contesta libremente según su criterio, y las **preguntas semiabiertas** son la combinación de preguntas abiertas y cerradas, es decir con varias posibilidades de respuesta y una opción para contestar de forma abierta.

Una vez elaborado el cuestionario se realiza la aplicación de la encuesta, ésta puede ser aplicada en persona (cara a cara), vía telefónica, postal y por Internet. Debido a que el SGEDM es un sistema diseñado para realizar encuestas personales en campo, solamente nos enfocaremos en las encuestas en persona, las cuales se describen a continuación.

Las encuestas personales consisten en la aplicación de la encuesta de forma personal entre el encuestador y encuestado. Existen dos tipos de encuestas personales, las PAPI (*Paper and Pencil Interview*) y las encuestas CAPI (*Computer Assisted Personal Interviewing*).

Las encuestas PAPI, son aquellas encuestas que utilizan lápiz y papel para el levantamiento de datos. Las principales ventajas de estas encuestas son las siguientes:

- El encuestado puede contar con retroalimentación y ayuda del encuestador al no comprender alguna pregunta.
- Son fáciles de utilizar.
- Proporcionan mayor índice de fiabilidad en sus resultados al conocer con certeza quien contesta la encuesta.

- Permiten utilizar materiales de apoyo para comprender mejor el tema como fotografías, productos, etc.
- Pueden ser aplicadas en el hogar de los encuestados, cuando se trata de investigaciones de tipo general, como estudios socioeconómicos o en lugares relacionados con la investigación (“in situ”), con la finalidad de efectuar la encuesta en una situación más real.

Por otro lado, las desventajas que tienen estas encuestas son las siguientes:

- Es imprescindible la presencia del encuestador para realizarse la encuesta.
- Cuando se realiza una encuesta esta debe ser supervisada para asegurarse de que los encuestadores la realicen a la muestra o población seleccionada, de que se realice por completo y que las respuestas no sean falsificadas, para obtener una mayor veracidad de la información recolectada.
- En algunos casos cuando se les pide a los encuestadores registrar las respuestas en una hoja separada, el encuestador tiende fácilmente a cometer errores marcando una respuesta en una fila o columna equivocada.
- Cuando se utiliza un escáner para digitalizar las hojas de respuestas, las respuestas borradas pueden causar errores de lectura.
- Los entrevistadores omiten una o varias preguntas por malentender las instrucciones complejas.
- El cuestionario puede estar incompleto por fallas del fotocopiado.
- Durante la recolección de los datos se pueden cometer errores, los cuales son detectados durante la verificación de los datos y no en el momento en que se realizó la encuesta para corregirlos, por lo que se obtiene información incompleta o equivocada.

Las encuestas asistidas por computadoras, CAPI, son encuestas personales en las que se utiliza una computadora portátil (*laptop*) como instrumento de recolección de datos, relegando el uso del lápiz y papel.

Las ventajas de las encuestas CAPI son las siguientes:

- Los errores durante la recolección de datos son identificados y corregidos en el mismo momento, al identificar el error automáticamente.
- Los resultados son almacenados automáticamente, omitiendo la actividad de digitalización de resultados.
- El uso del teclado facilita la captura de los datos.

Entre sus desventajas están:

- El costo de las computadoras portátiles es elevado, considerando que se utilizan varias para la aplicación de la encuesta.
- El manejo de las computadoras portátiles algunas veces es difícil, por su peso, tamaño principalmente cuando la encuesta es realizada en la puerta de una vivienda como ocurre normalmente.
- La duración de la batería de estas computadoras es limitada.
- Las condiciones ambientales como lluvia, arena, entre otros, pueden dañar fácilmente una computadora portátil.

2.3. Sistemas y aplicaciones para dispositivos móviles

2.3.1. Dispositivos móviles

Los dispositivos móviles son cada vez más usados en nuestras actividades diarias, tanto así que éstos se han convertido en algunos casos como una herramienta indispensable de trabajo. Grupo Yankee estimó que en el año 2007 había aproximadamente 1.8 billones de dispositivos móviles como teléfonos celulares, PDAs y teléfonos inteligentes en todo el mundo, usados para una variedad de tareas (Yang Baijian, 2007).

Los dispositivos móviles son aparatos electrónicos que se caracterizan por sus reducidas dimensiones, pantalla pequeña, poco peso, y por sus aplicaciones y funciones, como agenda, calendario, juegos, cámara, reproductores de música y video, programas ofimáticos como editores de texto y hojas de cálculo, correo electrónico, chat, navegador de Internet, mensajero instantáneo (chat); así como tecnologías GPS (*Global Positioning System*), Bluetooth e Internet inalámbrico, entre otras.

En este trabajo de tesis solamente nos centraremos en el uso de PDAs y teléfonos inteligentes. Las PDA, son pequeñas computadoras de bolsillo que caben en la palma de la mano (Firtman, 2005) y sus funciones y aplicaciones son muy similares a las de una computadora de escritorio.

Algunas de las características de estos dispositivos son:

- Pantalla táctil a través de un lápiz que realiza las acciones de un mouse.
- Reconocimiento de escritura.
- Carecen de un teclado físico.
- Proveen métodos de sincronización con un equipo.
- Poseen un sistema operativo con software utilitario.
- Es posible instalarles aplicaciones adicionales.

Así como también algunas de sus desventajas o limitaciones que tienen son poca memoria, tiempo de vida de la batería, velocidad del procesador, tamaño de la pantalla y dificultad al momento de ingresar texto.

Por otra parte, los teléfonos inteligentes, son dispositivos que incorporan las funciones y características de un teléfono móvil y un PDA.

Entre sus características están:

- Son diseñados para ser manejados con una sola mano.
- La pantalla es generalmente mas chica que una PDA (entre 90 x 60, 200 x 150 pixeles).
- Tienen conectividad a Internet, a través de servicio de datos como GPRS (*General Packet Radio Service*) o EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*).

A continuación se describen los tipos de aplicaciones que se pueden desarrollar para los dispositivos móviles.

2.3.2. Sistemas y aplicaciones móviles

Empresas, instituciones, industrias y organizaciones utilizan dispositivos móviles en sus actividades para mejorar la productividad en su trabajo, reducir costos y esfuerzos, utilizando aplicaciones y sistemas propios o comerciales.

Ejemplos de aplicaciones móviles que se han realizado son páginas web, juegos, sistemas para el control de líneas de producción en industrias maquiladoras, expedientes clínicos en los hospitales, clases colaborativas en las escuelas, sistemas para empresas de paquetería y entrega inmediata, registro de ordenes de los comensales en restaurantes, entre otros.

Al momento de desarrollar aplicaciones y sistemas para dispositivos móviles, lo primero a considerar es el tipo de aplicación que se va realizar dependiendo de las necesidades o las características requeridas, para así determinar si se requiere conexión o sincronización de datos con un servidor, Internet u otro equipo.

Las aplicaciones o soluciones móviles se clasifican en tres tipos: aplicaciones *Stand-alone (offline)*, *Online* y *Smart Client*. A continuación se explica brevemente en qué consisten, sus ventajas y desventajas.

Las aplicaciones *Stand-alone u offline*, son aquellas aplicaciones que son desarrolladas y ejecutadas en el dispositivo móvil, y que no requieren de conexión a Internet o a un servidor para funcionar, por ejemplo, juegos.

Las ventajas de este tipo de aplicación son:

- Ejecución rápida.
- Se puede trabajar sin estar conectados a Internet o un servidor.

Las desventajas:

- Se deben instalar manualmente en cada equipo.
- No pueden soportar grandes cantidades de información para búsqueda o almacén.
- Se deben desarrollar diferentes versiones para cada sistema operativo.

Las aplicaciones *online*, al contrario de las aplicaciones *Stand-alone* requieren una conexión a Internet o a algún servidor para ejecutarse; comúnmente este tipo de aplicaciones se ejecutan en un navegador, como lo son las páginas web.

Sus ventajas son:

- Mayor compatibilidad con diferentes modelos y sistemas operativos.
- No es necesario distribuir ni instalar ninguna aplicación.
- Se puede trabajar con gran cantidad de información.

Las desventajas que tienen este tipo de aplicaciones son:

- Se necesita estar conectado para poder utilizarlo.
- La ejecución de la aplicación es más lenta.

Las aplicaciones *Smart Client*, pueden funcionar de forma desconectada de un servidor o internet, pero en algún momento también requieren la conexión para comunicarse o sincronizarse con un servidor. Este tipo de aplicaciones reúne las características, ventajas y desventajas de las aplicaciones *stand-alone* y *online*.

Además del tipo de aplicación a desarrollar, otros aspectos a considerar son: las características del dispositivo móvil como conectividad, pantalla, entrada de datos, portabilidad, tiempo de vida de la batería, precio, memoria y velocidad del procesador (Sorensen, 2003), así como el sistema operativo del móvil y los lenguajes de programación que se utilizan para el desarrollo de aplicaciones móviles.

2.4. Marco teórico

En la actualidad existen sistemas para encuestas que utilizan dispositivos móviles como PDAs, para la recolección de datos, algunos de los disponibles en el mercado e identificados al momento de escribir esta tesis son: Sintecta, Snap Survey, Survey System, QSS (*Quick Survey System*) y Entryware, los cuales se describen a continuación.

Sintecta. Desarrollado por dos empresas de tecnología de la información: **Estratégica**, empresa de investigación de mercado y opinión pública con experiencia en México y Latinoamérica, y **Versátil**, empresa de desarrollo de software e implementación de sistemas de información. Este sistema solo está disponible para las empresas que están incorporadas a Rvox, el cual está compuesto por una red de empresas independientes de investigación de mercados y opinión (Rvox). Sintecta utiliza dispositivos Palm para la aplicación y recolección de datos. Su principal característica es la visualización de resultados por categorías y cruces tanto en tablas como gráficamente en forma instantánea (Sintecta). Además de las encuestas vía Palm, permite realizar encuestas en papel, telefónicas y por Internet.

Survey System. Es un software desarrollado por **Creative Research System** para la realización de encuestas tanto en papel, telefónica, internet y PDA. Una de sus características que difieren de los demás sistemas es la revisión de ortografía, diferentes idiomas y grabación de las respuestas de la persona encuestada. Este sistema utiliza la plataforma Windows Mobile con dispositivos Pocket PC (The Survey System).

Entryware. Entryware de *Techneos Systems* es un sistema para la realización de encuestas utilizando dispositivos móviles como PDA, *tablets* PC y Smartphones. Permite agregar elementos multimedia como imágenes, sonidos, videos y cambios de idiomas a las encuestas. Este sistema está desarrollado para ser utilizado tanto en equipos Pocket PC con Windows Mobile como equipos Palm, solamente este último con algunas restricciones en comparación con los del equipo de Windows (Entryware).

Snap Survey. Está compuesto de un módulo principal y de módulos complementarios para encuestas en Internet, PDA (Pocket PC), telefónicas, por computadora y escáner para la digitalización de resultados. Una de sus características son los diferentes idiomas que manejan, plantillas de las encuestas y contiene una biblioteca de preguntas para la redacción del cuestionario (Surveys).

QSS (Quick Survey System). QSS fue desarrollado por *TGI Mobile System*, utiliza Pocket PC con sistema operativo Windows Mobile para la aplicación de encuestas, está formado por un módulo para PC para generar las encuestas, módulo de la PDA para la aplicación de la encuesta y un módulo administrador de comunicaciones (QSS).

Con el objetivo de definir las funcionalidades del SGEDM, se estableció en este trabajo de tesis las características que se consideraron deben proveer todo sistema de encuestas para dispositivos móviles, estas se obtuvieron a partir del análisis realizado a los trabajos previos (Rosero Bixby, Hidalgo Cespedes, & Antich Montero, 2007), a la investigación de las actividades que componen una encuesta, así como las características de éstas (descritas en la sección 2.2) y al análisis de los sistemas de encuestas existentes en el mercado, cabe mencionar, que dicho análisis se realizó en base a hojas técnicas, sitio web de las empresas, versiones de prueba de los sistemas y versiones demostrativas (demo). Dichas características, se describen a continuación:

1. **Tipos de preguntas.** Las encuestas típicamente emplean tres tipos de preguntas dependiendo sus respuestas: abiertas, cerradas y semiabiertas. Dentro de las preguntas cerradas se incluyen las preguntas dicotómicas, abanico, opción múltiple, escala subjetiva y escala subjetiva numérica.

2. **Salto entre preguntas (filtros).** Los saltos entre preguntas indican “ir a” o “saltar a” la pregunta correspondiente, dependiendo de la respuesta dada. Por ejemplo, si se le pregunta al encuestado si tiene número telefónico, la siguiente pregunta anidada a la anterior sería cual es su número telefónico. Es recomendable incluir saltos entre preguntas permitiendo así que la encuesta se realice en un tiempo menor comparado con las encuestas a papel.
3. **Validación de las respuestas.** Validar las respuestas durante la aplicación de las encuestas para detectar posibles errores en tiempo real, obteniendo así resultados precisos y de mejor calidad.
4. **Instrucciones.** Cada pregunta debe tener instrucciones claras y precisas de llenado.
5. **Bitácora.** La bitácora es un registro de algunos datos de interés como hora inicial y final de la encuesta, lugar, fecha, entre otros, para verificar que el encuestador realice la encuesta, en el tiempo y lugar acordado, y evitar así posibles falsificaciones en la realización de las encuestas.
6. **Imágenes.** La capacidad de incluir imágenes en las preguntas, para una mejor comprensión de la pregunta.
7. **Gráficas y tablas.** Una de las principales funcionalidades de una encuesta es evaluar los resultados obtenidos, todo sistema debe incluir la posibilidad de crear gráficas y tablas de los resultados.
8. **Gestión y administración de encuestas.** Módulos para crear, eliminar, modificar y consultar encuestas. Obteniendo con esto una mejor administración de las encuestas realizadas y pendientes por realizar.
9. **Administración de entrevistadores.** Agregar, eliminar, modificar y consultar registros de los entrevistadores. Para tener un control de los entrevistadores.
10. **Sincronización.** La sincronización de resultados entre el dispositivo móvil y el sistema es una de las principales características que debe incluir el sistema.
11. **Codificación de los resultados.** La codificación de resultados se realiza cuando el tipo de pregunta es abierta. Las respuestas de una pregunta abierta se agrupan o asignan por categorías o palabras claves, para facilitar el análisis de los resultados.
12. **Plantillas de encuestas.** Las plantillas de encuestas más utilizadas para solamente reemplazar los principales datos de acuerdo al tema de investigación.

13. Importar un cuestionario desde archivo. La posibilidad de importar el cuestionario elaborado en algún editor de texto.

Una vez identificadas las características deseables de todo sistema de encuestas para dispositivos móviles, se realizó una comparación entre los sistemas existentes respecto a estas características, la cual se muestra en la siguiente tabla.

Características	SINTECTA	SURVEY SYSTEM	ENTRYWARE	SNAP SURVEY	QSS
Tipo de preguntas: Abiertas, Cerradas y Semiabiertas			✓	✓	✓
Salto entre preguntas	✓	✓	✓	✓	✓
Validación de las respuestas	✓	✓	✓	✓	✓
Instrucciones en cada pregunta			✓		
Bitácora: hora, fecha, lugar, etc.	✓		✓	✓	✓
Imágenes en las preguntas		✓	✓	✓	
Gráficas o tablas	✓	✓	✓	✓	
Gestión y administración de las encuestas	✓	✓			
Administración de encuestadores					
Sincronización	Cable, internet	Cable, internet	Cable, internet, infrarrojo, bluetooth	Cable, internet	Cable, internet, infrarrojo, bluetooth
Codificación de resultados					
Plantillas de encuestas		,		✓	
Importar un cuestionario desde archivo		✓			

Tabla 1. Características de los sistemas de encuestas móviles.

Además de las características deseables, todo sistema de encuestas para dispositivos móviles debe proporcionar las siguientes ventajas:

- Sustituir el uso de lápiz y papel con dispositivos móviles (PDAs y teléfonos inteligentes).
- Sustituir el uso de computadoras portátiles con dispositivos móviles más pequeños y de menor peso y costo que los hace óptimos para encuestas en campo.
- Reutilizar los dispositivos móviles en encuestas futuras.
- Reducir costos en papelería.
- Eliminar los procesos de transcripción de resultados al almacenar las respuestas en el dispositivo móvil y sincronizar éstos con el servidor de base de datos.
- Disminuir el tiempo de la realización de una encuesta al incorporar saltos entre preguntas (filtros).
- Eliminar la posibilidad de dejar preguntas incompletas o sin contestar, al validar cada una de las preguntas.
- Eliminar los valores fuera de rango.
- Verificar la consistencia de las respuestas en el momento de la encuesta, aumentando así la fiabilidad de los datos obtenidos.
- Reducir la posibilidad de fraudes o encuestas falsificadas al incorporar una bitácora de registro de datos como la hora, lugar, fecha y datos del encuestado y encuestador.
- Incorporar todo tipo de preguntas, entre ellas abiertas que son más difíciles de analizar.
- Agregar instrucciones que guíen al entrevistador en cada pregunta.

2.5. Resumen

En este capítulo se definieron las bases para el desarrollo del SGEDM, en el que se describe las encuestas, tipos de encuestas, las actividades que conllevan la realización de una encuesta, así como el instrumento principal de la encuesta: el cuestionario. Además, se describieron los dispositivos móviles, sus características, ventajas y desventajas, y los tipos de aplicaciones que se pueden desarrollar para móviles. Por último se presentan los sistemas de encuestas para dispositivos móviles comerciales y una comparación en cuanto a las características deseables que estos sistemas deben tener. En el siguiente capítulo se explica la metodología de desarrollo que se utilizó para el SGEDM.

CAPÍTULO III.

3. Metodología

3.1. Introducción

En este capítulo se describe la metodología utilizada para el desarrollo del SGEDM, el modelo de desarrollo de software empleado y las actividades realizadas en cada una de sus etapas.

3.2. Ingeniería de Software

Muchos proyectos de software no cuentan con una metodología de análisis, diseño y programación bien definida, sino que se ejecutan de una forma empírica y desordenada (Palasí, 2003). El equipo de desarrolladores solo se enfoca en la programación sin analizar y diseñar previamente el sistema, esto es porque consideran que el análisis y diseño son una pérdida de tiempo y lo importante es entregar el producto lo más pronto posible. Como consecuencia se obtiene un sistema o un producto ineficiente que no cumple con los requerimientos del cliente, con errores, difícil de mantener, inestable y costoso, que rápidamente pasa a ser inmanejable y obsoleto. Dichos inconvenientes podrían haberse evitado si durante el desarrollo de todo el proyecto se utilizan modelos, metodologías y herramientas de la Ingeniería de Software.

La Ingeniería de Software es una disciplina o rama de la Ingeniería que ofrece métodos y técnicas para el desarrollo y mantenimiento de software de calidad; trata con áreas muy diversas de la informática y de las ciencias de la computación, abordando todas las etapas del ciclo de vida del desarrollo de cualquier tipo de sistemas de información y aplicables a una infinidad de áreas como: negocios, investigación científica, medicina, producción, entre otras (Pressman, 2000).

El objetivo de la Ingeniería de Software es desarrollar un software de calidad que cumpla en tiempo, costos y con los requerimientos establecidos por el cliente, para que pueda ser utilizado por los usuarios eficazmente.

Para el desarrollo de software, se debe incorporar una estrategia de desarrollo; esta estrategia a menudo se llama modelo del proceso, la cual se selecciona dependiendo de la naturaleza y aplicación del proyecto (Pressman, 2000) y permite representar los procesos de concepción y producción en una forma gráfica y lógica (Norris & Rigby, 1994).

El modelo clásico del proceso de desarrollo de software es el modelo de cascada conocido también como modelo lineal secuencial. El modelo de cascada sugiere un enfoque sistemático, secuencial del desarrollo de software y está formado por las siguientes etapas: análisis de requerimientos, análisis, diseño, implementación, pruebas y mantenimiento (Pressman, 2000), como se ilustra en la Figura 2.

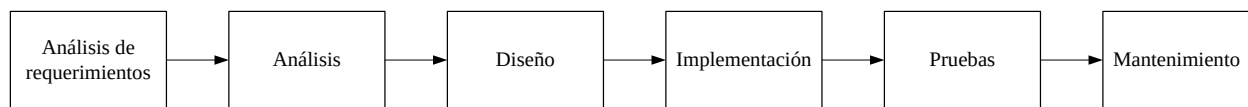


Figura 2. Modelo lineal secuencial (Modelo de cascada).

La ventaja de este modelo es que se caracteriza por ser muy sencillo de utilizar, ya que sigue los pasos intuitivos necesarios a la hora de desarrollar el software. Cada una de sus etapas o fases se realizan solo una vez, son secuenciales y cada una depende de su antecesora. El modelo original de cascada, como se explica anteriormente, no establece retroalimentación entre las etapas, ni redefinición de etapas anteriores; siendo estas sus principales desventajas, ya que en la mayoría de las ocasiones es necesario realizar algunas modificaciones en las etapas previas (Palasí, 2003).

3.3. La Ingeniería de software en el desarrollo del SGEDM

La Ingeniería de Software se aplica en el desarrollo de sistemas o aplicaciones independientemente si estos son para dispositivos móviles o computadora de escritorio. Ya que en ambos casos el fin que se desea conseguir es el mismo, desarrollar un software de calidad y eficiencia, que cumpla con las expectativas del cliente.

El SGEDM se desarrolló utilizando el modelo de cascada modificado (Figura 3), el cual permite la retroalimentación entre etapas y se considera un modelo iterativo no lineal, que permite realizar el proceso de desarrollo más estructurado. Cada uno de los integrantes del equipo de desarrollo tiene un rol, en relación con estas etapas, analista, diseñador, programador, evaluador, entre otros.

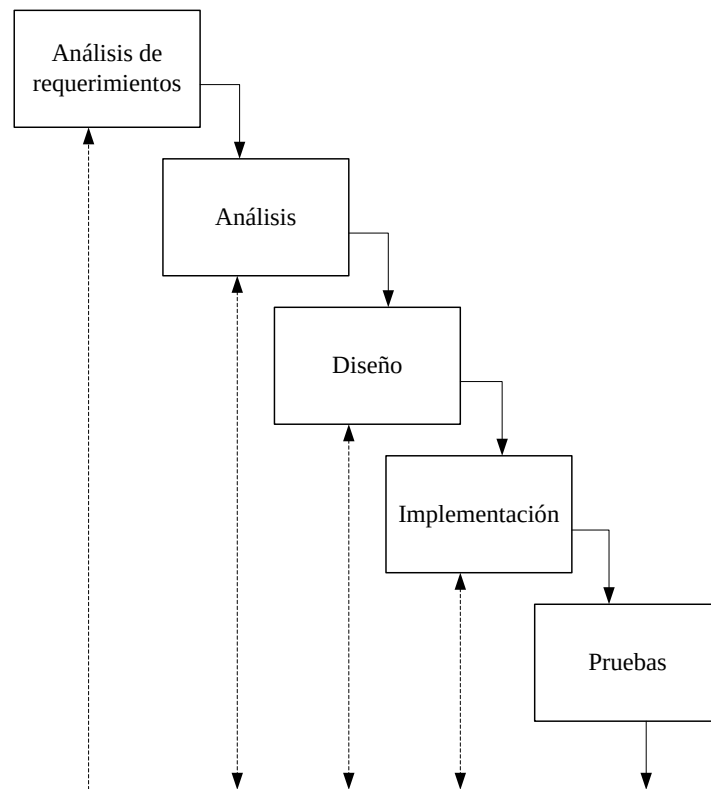


Figura 3. Modelo de cascada modificado para el desarrollo del SGEDM.

Las etapas del modelo de cascada se describen a continuación haciendo énfasis en las actividades realizadas en cada una de ellas para el desarrollo del SGEDM.

3.3.1. Análisis de requerimientos

El análisis de los requerimientos de un sistema es la etapa más importante del ciclo de desarrollo de software, ya que en esta etapa se especifican de manera clara y precisa cada uno de los requerimientos del sistema. En general, en el análisis de requerimientos no se describe cómo se implementará el sistema, sino que es lo que éste realizará, es decir el objetivo del sistema, con la finalidad de identificar y definir a los usuarios que intervienen, características y funcionalidades del sistema. El resultado de esta etapa es un *documento de requerimientos del sistema*.

Los requerimientos del SGEDM se obtuvieron de la evaluación realizada a los sistemas de encuestas para dispositivos móviles existentes en el mercado, y además del análisis de las características deseables que debe tener este tipo de sistemas.

La elaboración de este documento fue basado en el estándar para los documentos de requerimientos de software IEEE/ANSI 830 – 1993/1998.

En esta etapa se establecen las ***definiciones, acrónimos y abreviaturas, la descripción general, usuarios y requerimientos generales, funcionales y no funcionales, de desarrollo, tecnológicos, de interfaces y de documentación de usuarios*** del SGEDM.

Los requerimientos generales, describen lo que el sistema deberá hacer; los requerimientos funcionales describen las actividades que realizan los usuarios que tendrán contacto directo con el sistema, mientras que los requerimientos no funcionales especifican las restricciones del sistema, de ambiente, entre otros. En el **anexo A** se incluyen los requerimientos generales, funcionales y no funcionales del SGEDM.

3.3.2. Análisis

Una de las herramientas más utilizadas y estandarizadas a nivel mundial para el desarrollo de software es el UML (Lenguaje Unificado de Modelado por sus siglas en ingles), al ser un lenguaje constituido por diagramas y símbolos que permiten analizar y lograr una clara comprensión de lo que se pretende resolver con dicho sistema. Los diagramas de modelado UML, son utilizados principalmente en las etapas de análisis y diseño, cada uno de los cuales plantea una perspectiva diferente del sistema a realizar. En esta etapa, se especifica lo que el sistema tiene que hacer. El resultado de esta fase es un *documento de especificaciones del sistema*.

Los diagramas UML utilizados en el análisis son los diagramas de casos de uso y de actividades. En este documento solo se presentarán los principales diagramas del sistema.

3.3.2.1. Diagramas de casos de uso

Los **diagramas de casos de uso** son los primeros diagramas de modelado utilizados en la etapa de análisis del sistema, estos representan la interacción que existe entre el sistema y los usuarios del mismo. Este tipo de diagramas se realizan a diferentes niveles de detalle, realizando primero un diagrama general donde solo se especifican los casos de uso y los actores que los llevan a cabo, para posteriormente realizar la especificación de cada uno de los casos de uso.

El diagrama general de casos de uso del SGEDM se muestra en la siguiente figura, en esta se representan todos los procesos, divididos en módulos, que realiza el sistema y los usuarios que los llevan a cabo.

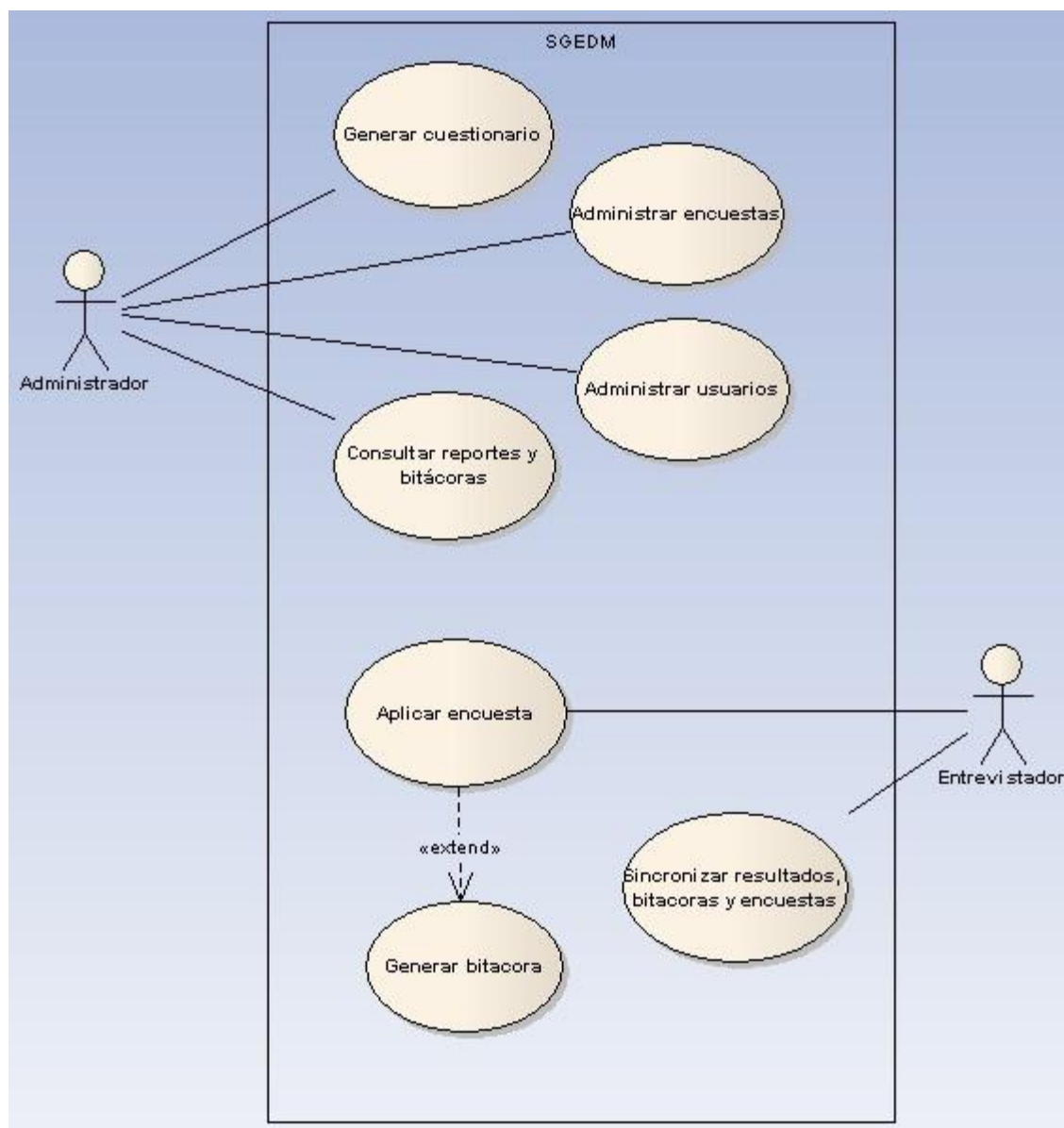


Figura 4. Diagrama general de Casos de Uso del SGEDM.

En el **anexo B** se incluyen los diagramas de casos de uso de los módulos en los que se divide el sistema.

3.3.2.2. Diagramas de actividades

Los **diagramas de actividades** muestran las actividades que ocurren dentro de un caso de uso, en forma secuencial y ordenada. A continuación se incluye como ejemplo, el diagrama de actividades para el caso de uso crear encuesta en la Figura 5.

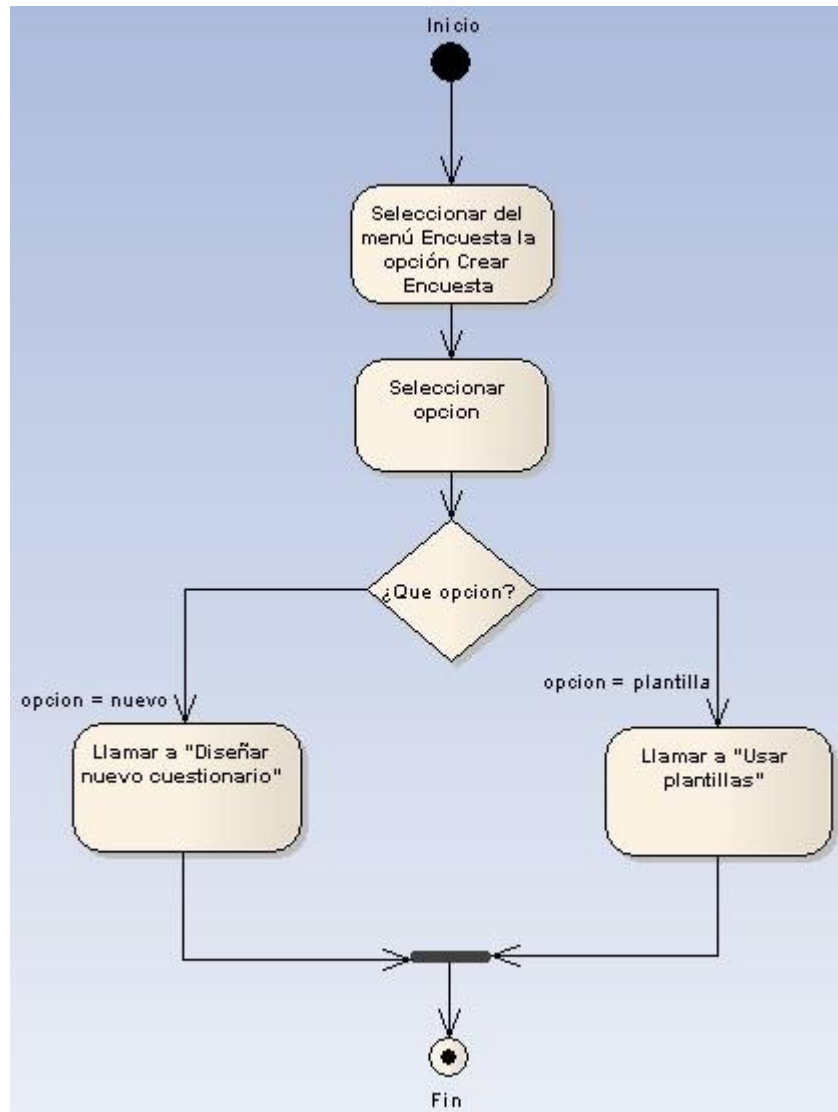


Figura 5. Diagrama de actividades del caso de uso *Crear Encuesta*.

3.3.3. Diseño

El diseño describe la estructura interna y externa del software, es decir, la forma como el software está siendo desarrollado, y suele representarse con diagramas y texto (Braude, 2005). En esta etapa el equipo de desarrollo debe diseñar el sistema de tal manera que cumpla con los requerimientos identificados en las etapas anteriores. El resultado de esta fase es un *documento de diseño*.

En esta etapa se define **la arquitectura del sistema, la estructura de los datos, los diagramas de secuencia, y el diseño de la interfaz**, cada uno de los cuales se muestran a continuación.

3.3.3.1. Arquitectura del sistema

En la Figura 6, se representa la forma como está constituida la arquitectura del SGEDM, se puede observar que los dispositivos móviles se conectan al servidor a través de Internet o una red Intranet para sincronizar las respuestas o el cuestionario de la encuesta. Lo mismo sucede con la PC donde está instalado el sistema, éste a través de Internet se logra conectar al servidor de base de datos para crear, modificar, eliminar y consultar los datos que se encuentran almacenados en éste, como lo son las preguntas y posibles respuestas del cuestionario.

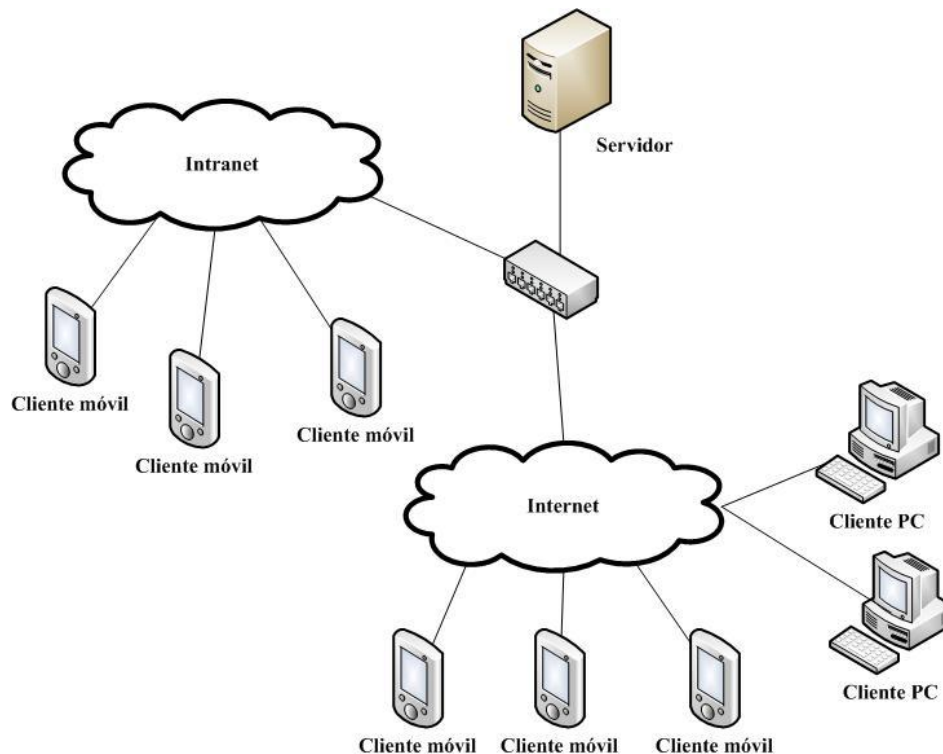


Figura 6. Arquitectura del SGEDM.

3.3.3.2. Diccionario de datos

El diccionario de datos está formado por todos los datos y las características lógicas de los datos que serán utilizados en el desarrollo de un sistema. En la Tabla 2 se muestra las tablas utilizadas y la descripción de cada una de ellas.

Tabla	Descripción
Usuarios	Almacena los datos personales y de identificación de los usuarios.
TipoUsuario	Almacena los tipos de usuario del sistema: Administrador y entrevistador.
Bitácora	Contiene los datos de la bitácora generada en cada encuesta aplicada.
Encuestas	Almacena los datos particulares de la encuesta.
TipoEncuesta	Almacena los tipos de encuesta del sistema: Encuesta en blanco y plantilla.
Estatus de la encuesta	Indica si una encuesta esta en edición, proceso o cerrada.
Categoría	Almacena las categorías de las encuestas: educación, política, censo, mercado y otra.
Pregunta	Contiene las preguntas de las encuestas.
TipoPregunta	Contiene los tipos de preguntas: Abierta, dicotómica, abanico, opción múltiple, escala subjetiva y escala subjetiva numérica y semiabierta.
Sección	Contiene las secciones en que se organiza la encuesta.
Posibles Respuestas	Contiene las posibles respuestas de las preguntas de las encuestas.
Filtro	Contiene los filtros que se asignan a las posibles respuestas.
Respuestas	Almacena las respuestas de las encuestas.
Respuestas Abiertas	Almacena las respuestas de las preguntas abiertas.

Tabla 2. Tablas de la base de datos del SGEDM.

3.3.3.3. Diagrama Entidad – Relación

En este diagrama se muestra la relación que existe entre las tablas de la base de datos.

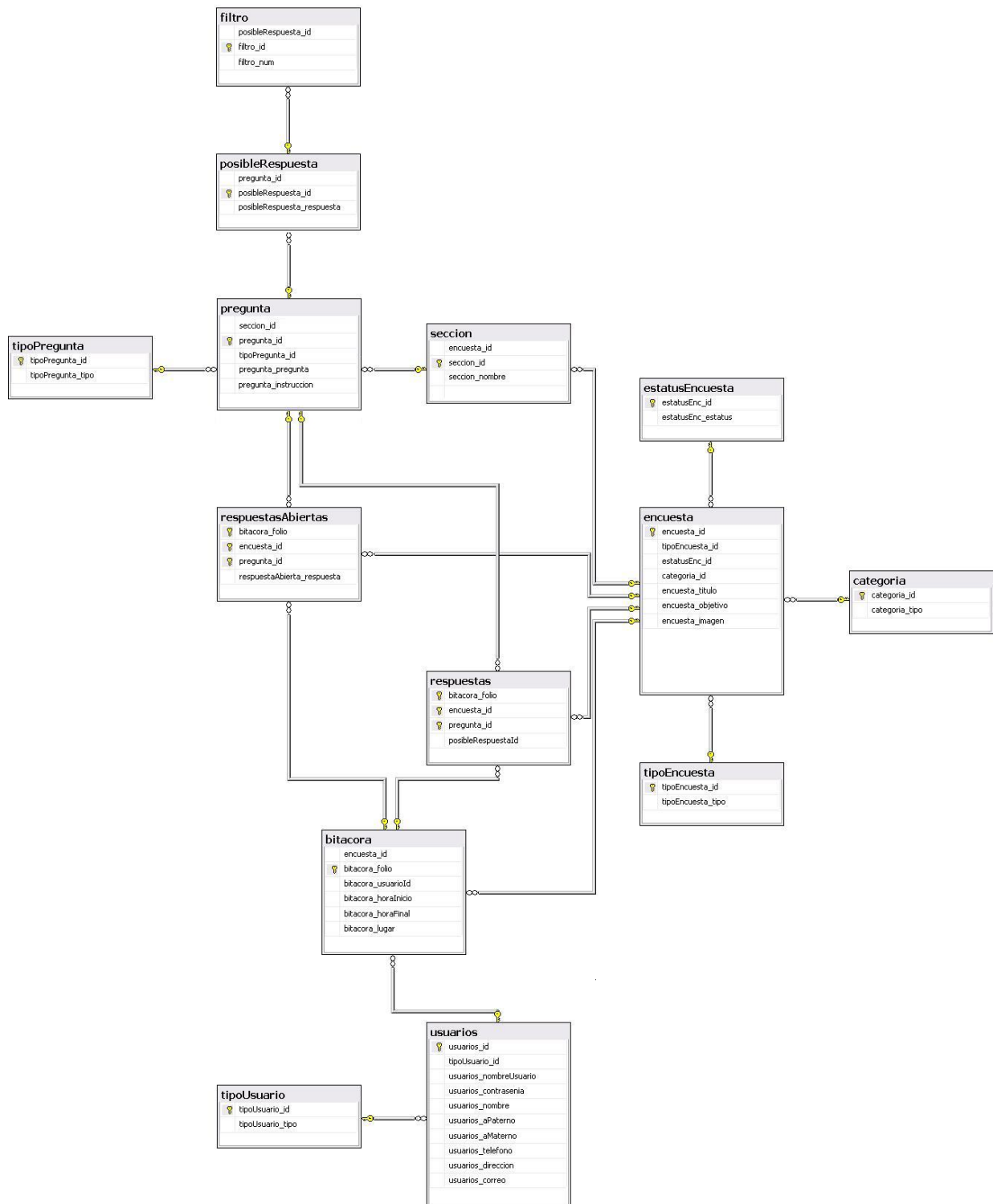


Figura 7. Diagrama Entidad – Relación.

3.3.3.4. Diagramas de secuencia

Los diagramas de secuencia muestran la secuencia en que ocurren cada uno de los eventos del sistema, el diagrama de secuencia se desplaza hacia abajo, de modo que su línea de vida (líneas verticales) inicia donde se crea el objeto, el rectángulo estrecho, en una línea de vida muestra cuando el objeto relevante está activo, como se muestra a continuación en el diagrama de secuencia Aplicar Encuesta:

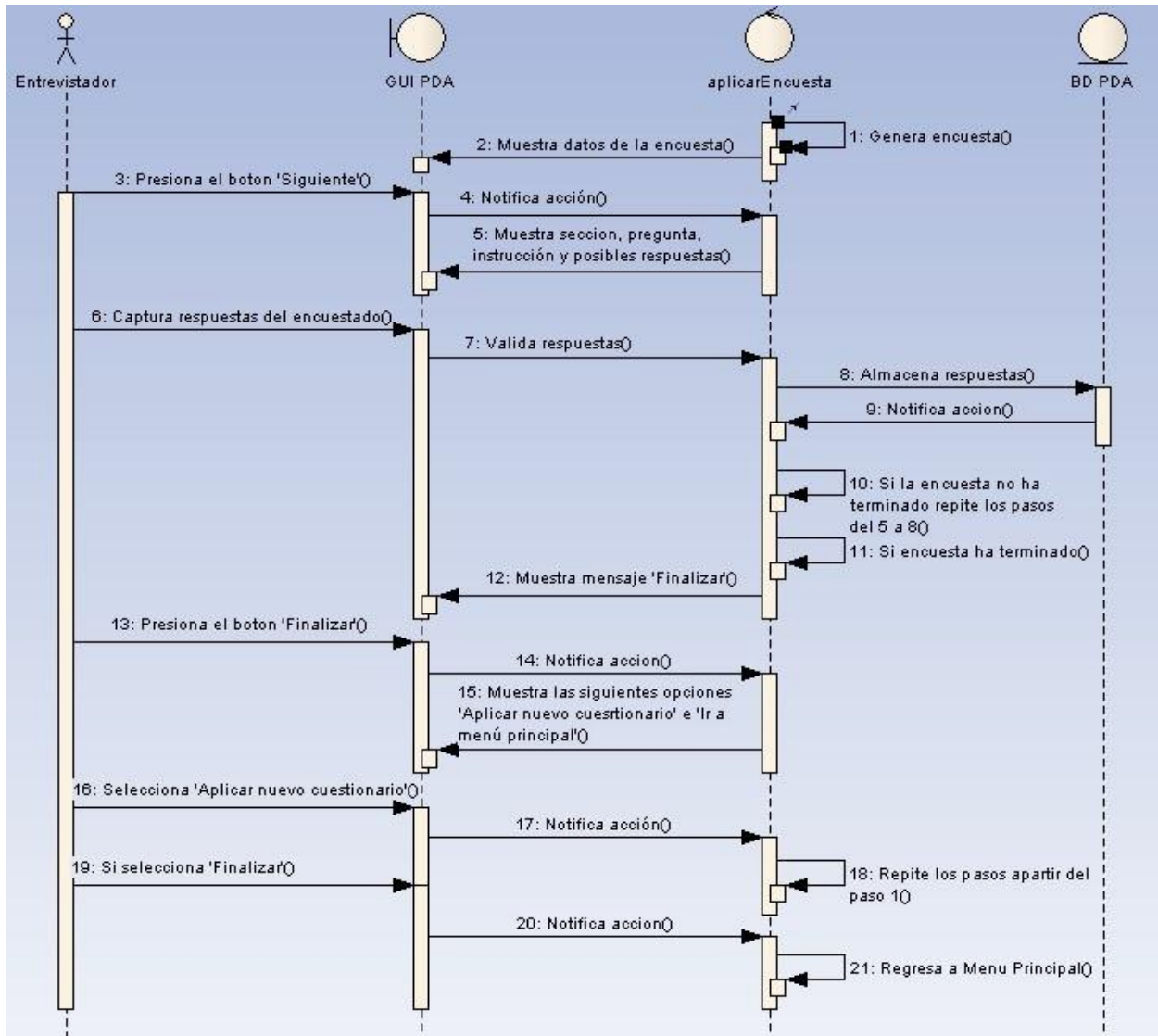


Figura 8. Diagrama de secuencia Aplicar Encuesta.

3.3.3.5. Diagramas de ventanas

Este tipo de diagramas muestra el seguimiento de acciones que tiene el sistema al realizar una operación.

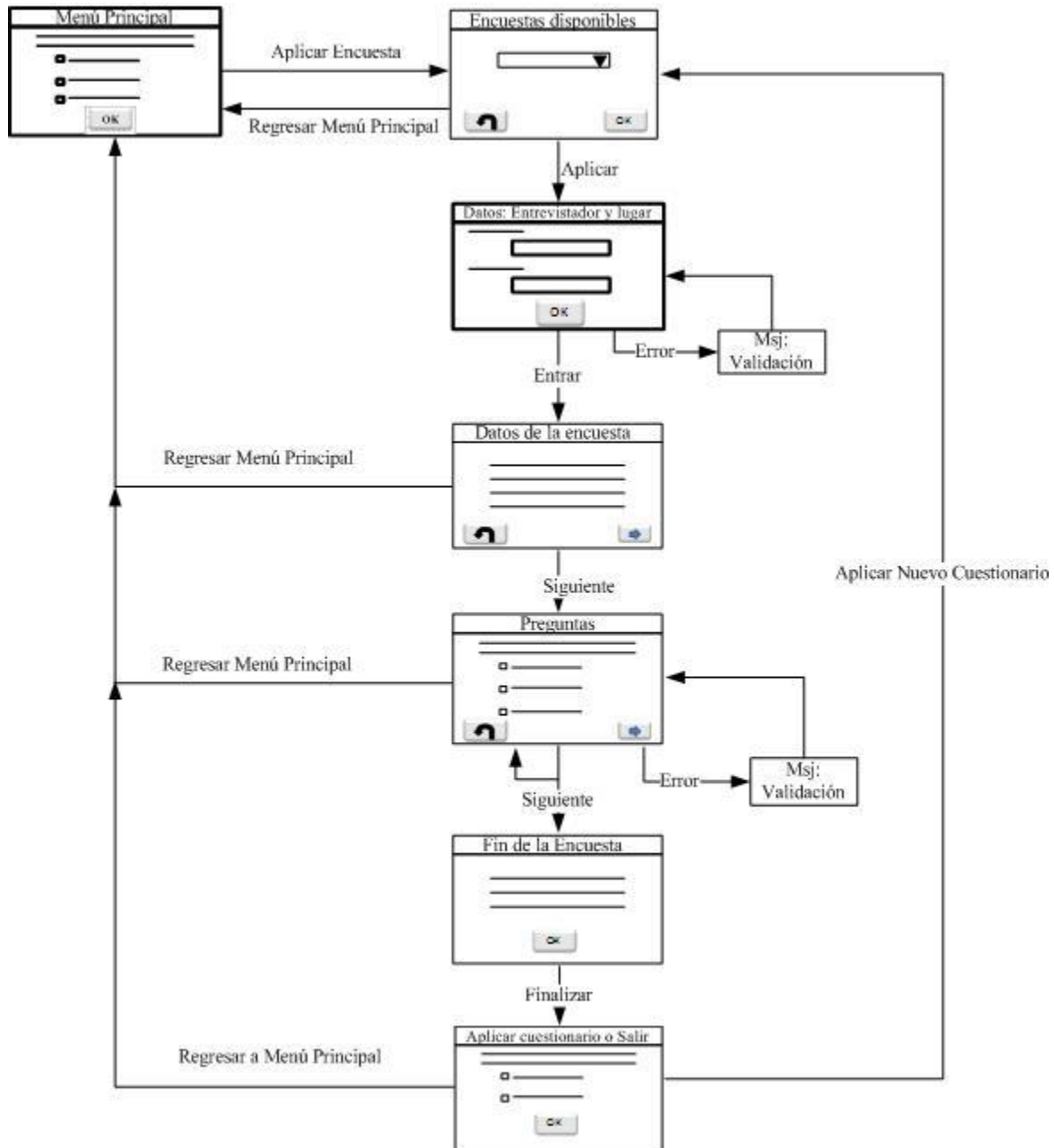


Figura 9. Diagrama de ventanas del caso de uso aplicar encuesta.

3.3.3.6. Diseño de la Interface

En esta sección se diseñan las pantallas y el menú de opciones del sistema. En la siguiente figura se muestra la pantalla principal del sistema. Está conformada por el menú principal (1) y los botones de rápido acceso a las funciones del sistema (2).



Figura 10. Pantalla principal del SGEDM.

En la **Figura 11. Menú de acceso a las funciones del SGEDM.**Figura 11 se muestra el menú principal y las funciones del sistema clasificadas de acuerdo a la encuesta (1), cuestionario (2), usuarios (3), reportes (4) y ayuda (5). En la Figura Figura 12, se muestra la barra de herramientas del SGEDM con los botones de rápido acceso a las funciones del sistema.



Figura 11. Menú de acceso a las funciones del SGEDM.



Figura 12. Botones de rápido acceso a las funciones del SGEDM.

3.3.4. Implementación (Programación)

Una vez realizadas las etapas anteriores, el equipo de desarrollo realiza la programación de cada uno de los módulos del sistema en algún lenguaje de programación. Los módulos son integrados para formar el sistema completo. El resultado de esta etapa es *el código fuente del sistema*.

3.3.4.1. Programación del SGEDM

La implementación del SGEDM fue desarrollada utilizando la programación por capas. La cual es una técnica de la ingeniería de software bajo el paradigma de la programación orientada a objetos, que consiste en dividir el código fuente según su funcionalidad. El objetivo principal de la programación orientada a objetos es mejorar tanto el proceso de creación del software como su mantenimiento. La programación en múltiples capas es la técnica más efectiva en aplicaciones empresariales, debido a la fácil administración que implica el dividir los componentes de la aplicación en capas y la rapidez que esto implica en programas orientados a Cliente – Servidor (Zapata, 2004). Esta programación presenta las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas

- Se asegura un trabajo de forma ordenado y separado, debido a que sigue el principio de “divide y vencerás” (Pressman, 2000).
- Una de sus principales ventajas es la modularidad, que consiste en dividir el sistema en capas según su funcionalidad, y si se desea realizar alguna modificación en alguna capa esta no afectaría a las otras.
- Su arquitectura es escalable, es decir puede ampliarse con facilidad en caso de que las necesidades aumenten.
- Se puede cambiar el repositorio de base de datos sin afectar al resto de la aplicación.

Desventajas

- Cuando se implementa un modelo de programación en capas, se debe llegar a un balance entre el número de capas y subcapas que componen el programa. Este debe ser el necesario y suficiente para realizar un trabajo específico con eficiencia y ser lo más modular posible. De lo contrario se tienen una serie de desventajas como: pérdida de eficiencia, realización de trabajo innecesario o redundante entre capas, gasto de espacio

de la aplicación debido a la expansión de las capas, o bien una alta dependencia entre los objetos y capas que contradice el objetivo principal del modelo (del Valle & Granados).

- El tiempo de desarrollo de una aplicación que implementa la programación por capas es mayor, al menos en la primera etapa, que el tiempo de desarrollo de una aplicación que no lo implementa, ya que se requiere que el programador implemente una mayor cantidad de clases que en un entorno de desarrollo común no son necesarias. Sin embargo, esta desventaja es muy relativa ya que posteriormente, en la etapa de mantenimiento de la aplicación, una aplicación desarrollada en capas es más fácil de mantener, extensible y modificable que una aplicación que no lo implementa (Pantoja, 2004).

Este tipo programación, consiste en separar la capa de datos de la capa de presentación al usuario, organizando el código principalmente en las siguientes tres capas: **de presentación, de negocios y de datos**, como se observa en la Figura 13.



Figura 13. Arquitectura de la programación en capas.

La programación del SGEDM se desarrollo en la plataforma .NET en el lenguaje C#, las tres capas que se implementaron son: sgedmUI, sgedmBussiness, sgedmDataAccess, como se muestra en la Figura 14.

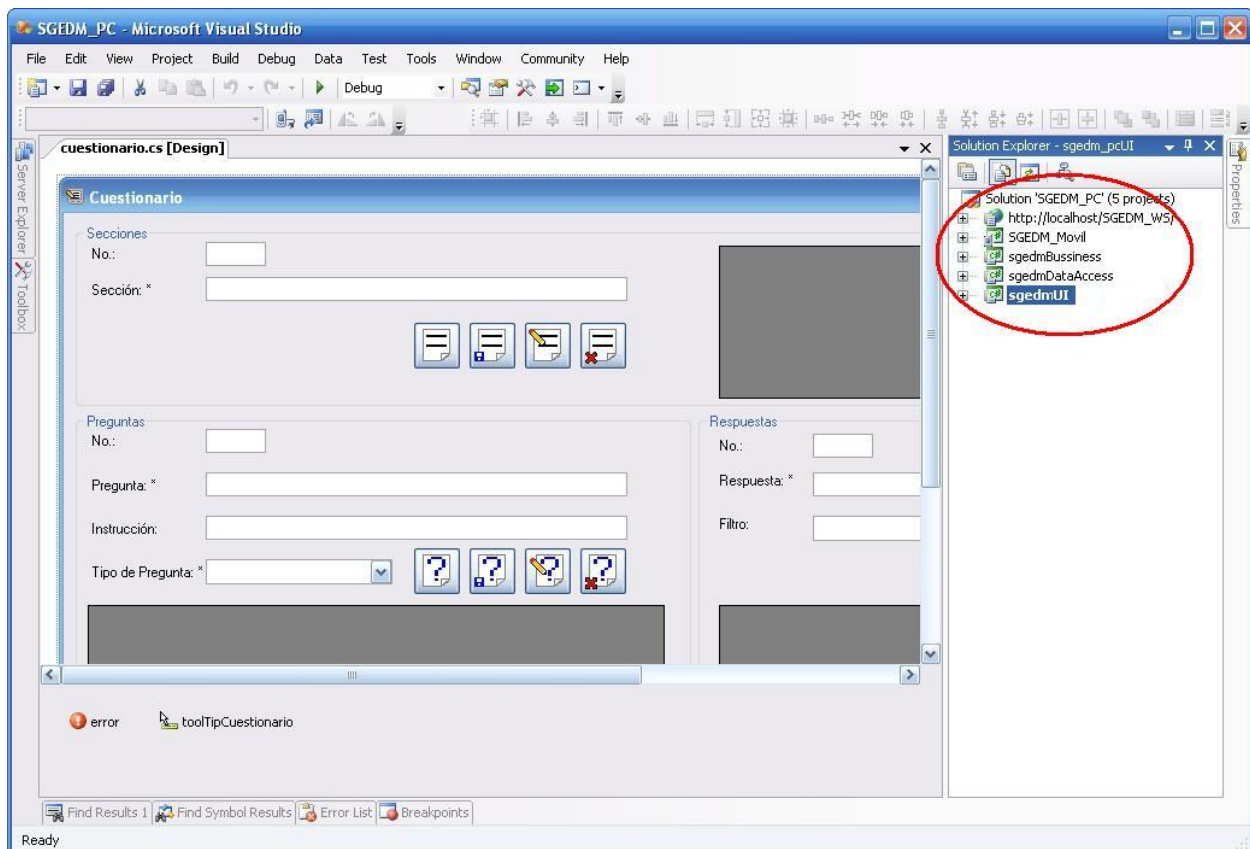


Figura 14. Capas del SGEDM.

A continuación se define en qué consiste cada una de las capas y como están constituidas en el SGEDM.

Capa de presentación

También llamada capa de usuario, se diseña todo lo que constituye la interfaz gráfica de la aplicación, y la interacción del usuario con el sistema. Esta interacción se da mediante el intercambio de información capturando y presentando los datos necesarios para realizar alguna tarea (del Valle & Granados). Esta capa únicamente se comunica con la capa de negocios.

La interfaz del SGEDM se diseñó utilizando *Windows Forms*, y las herramientas que Visual Studio provee para la realización de interfaces gráficas. La GUI (*Graphical User Interface*) está compuesta por formularios para captura de información y *DataGridView* para la presentación de datos.

Las funciones que se realizan en la capa sgedmUI son:

- Validar los datos de entrada.
- Recibir la información capturada por los usuarios.
- Enviar esta información a la capa de negocios.
- Recibir resultados de la capa de negocios.
- Presentar los resultados al usuario.

Capa de Negocios

Funciona como capa de enlace entre las otras capas. Se comunica con la capa de presentación para recibir las solicitudes y presentar los resultados, y con la capa de datos para solicitar al gestor de base de datos una petición para almacenar o recuperar datos de él (Zapata, 2004). En esta capa también denominada lógica o regla de negocios se establecen todas las reglas que deben cumplirse para una correcta ejecución del programa. Para esta capa en el SGEDM se creó una librería de clases que contiene todas las clases, métodos y objetos que se comunican con la capa de presentación y acceso a datos.

Las funciones de la capa sgedmBusiness son:

- Recibir la información de la capa de presentación
- Interactuar con la capa de datos para almacenar o recuperar la información solicitada por la capa de presentación.
- Recibir la información de la capa de datos.
- Enviar la información solicitada a la capa de presentación.

Capa de Datos

En la capa de datos (acceso a datos) se establece la comunicación con el gestor de la base de datos del sistema, al recibir solicitudes de almacenamiento o recuperación de información desde la capa de negocios.

La capa sgedmDataAccess utiliza el conjunto de clases de ADO.NET para la comunicación con el servidor de base de datos SQL Server. Los componentes principales de ADO.NET utilizados en este sistema para almacenar, eliminar, actualizar y buscar datos son: DataSet y los proveedores de datos .NET, estos últimos constan de un conjunto de componentes que incluyen los objetos Connection, Command, DataReader y DataAdapter (Microsoft, Acceso a Datos con ADO.NET).

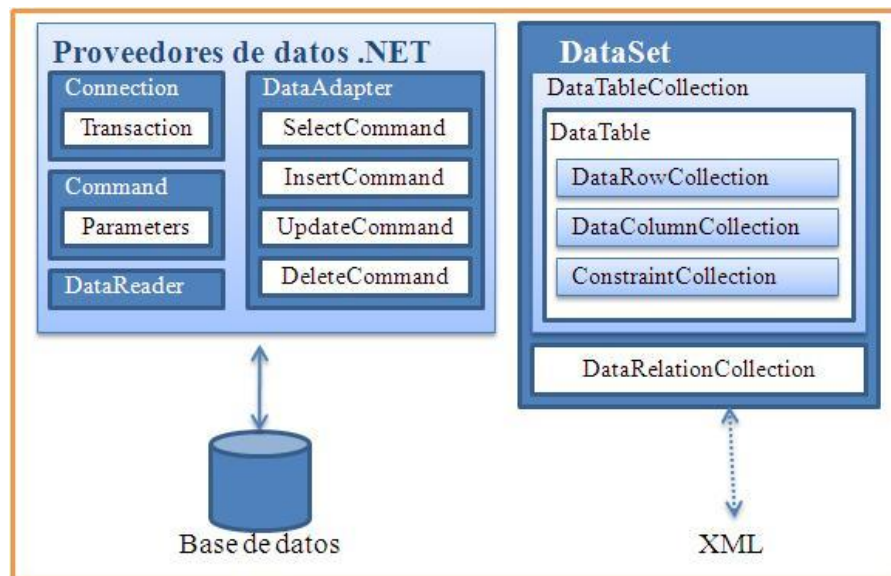


Figura 15. Componentes principales de ADO.NET (Microsoft, Acceso a Datos con ADO.NET).

Se utilizaron además *Stored Procedures* que son procedimientos almacenados en un servidor de base de datos, utilizados para realizar consultas SQL a la base de datos. La capa de datos del SGEDM ejecuta los procedimientos almacenados en el servidor del SGEDM (Figura 16) y procesa los resultados obtenidos de esta petición. Las ventajas del uso de *Stored Procedures* en una aplicación son las siguientes: mejorar el rendimiento de la aplicación al enviar menos información entre el servidor y el cliente (MySQL, 2008), permiten una ejecución más rápida al correr directamente bajo el manejador de base de datos, pueden ser llamados varias veces en la aplicación y modificarse independientemente del código fuente del programa (Microsoft, 2008), en la figura siguiente, se muestran los *Stored Procedures* del SGEDM.

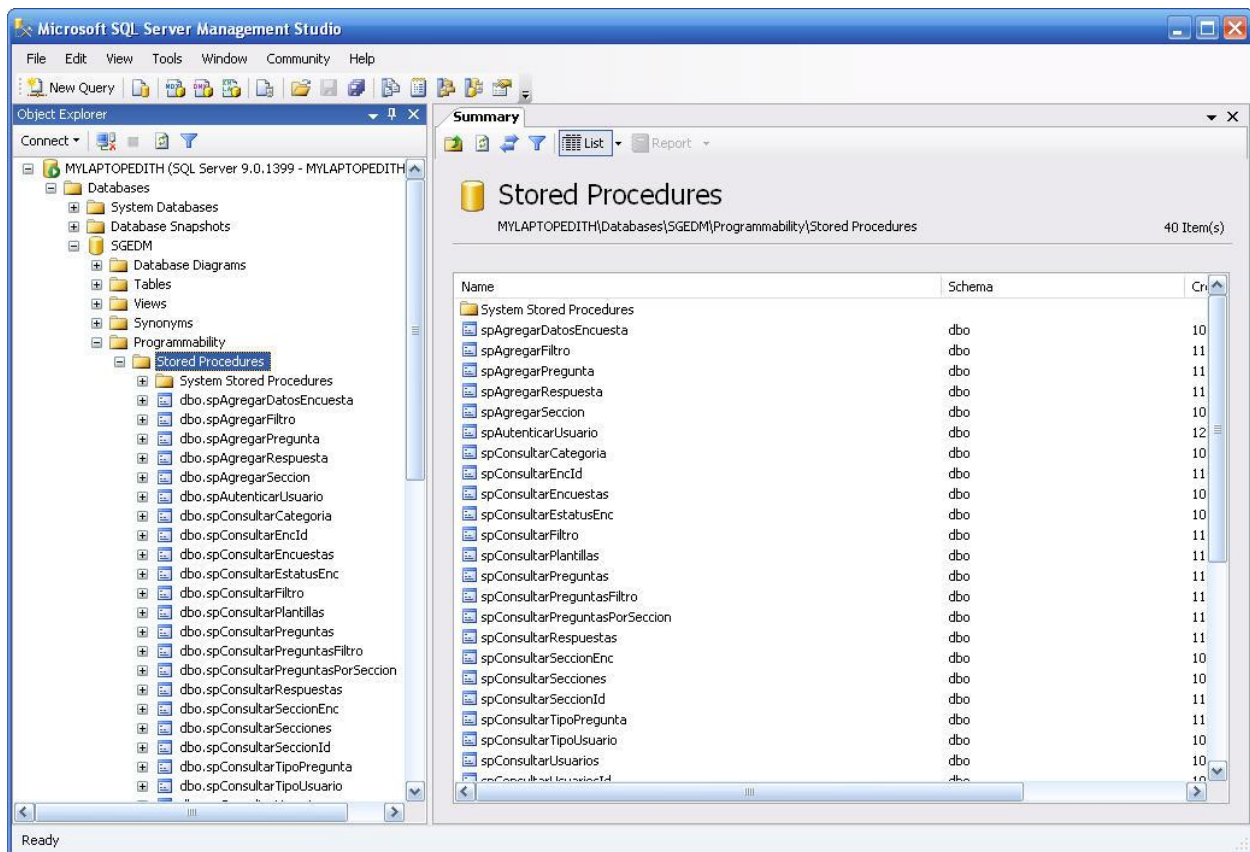


Figura 16. *Stored Procedures* del SGEDM.

3.3.4.2. Programación de la aplicación del dispositivo móvil

La aplicación del dispositivo móvil, al igual que el sistema para la PC, se desarrollo en la plataforma .NET en el lenguaje C# para *Smart Device* (dispositivos inteligentes) como se muestra en la Figura 17. Por medio de esta aplicación el entrevistador puede sincronizar una encuesta al dispositivo móvil, aplicarla y sincronizar resultados al servidor. Para sincronizar una encuesta o resultados de la misma el dispositivo móvil requiere conexión al servidor, mientras que para aplicar la encuesta no se requiere esta conexión al servidor, siendo así el SGEDM una aplicación *Smart Client* (definida en el capítulo 2 de esta tesis).

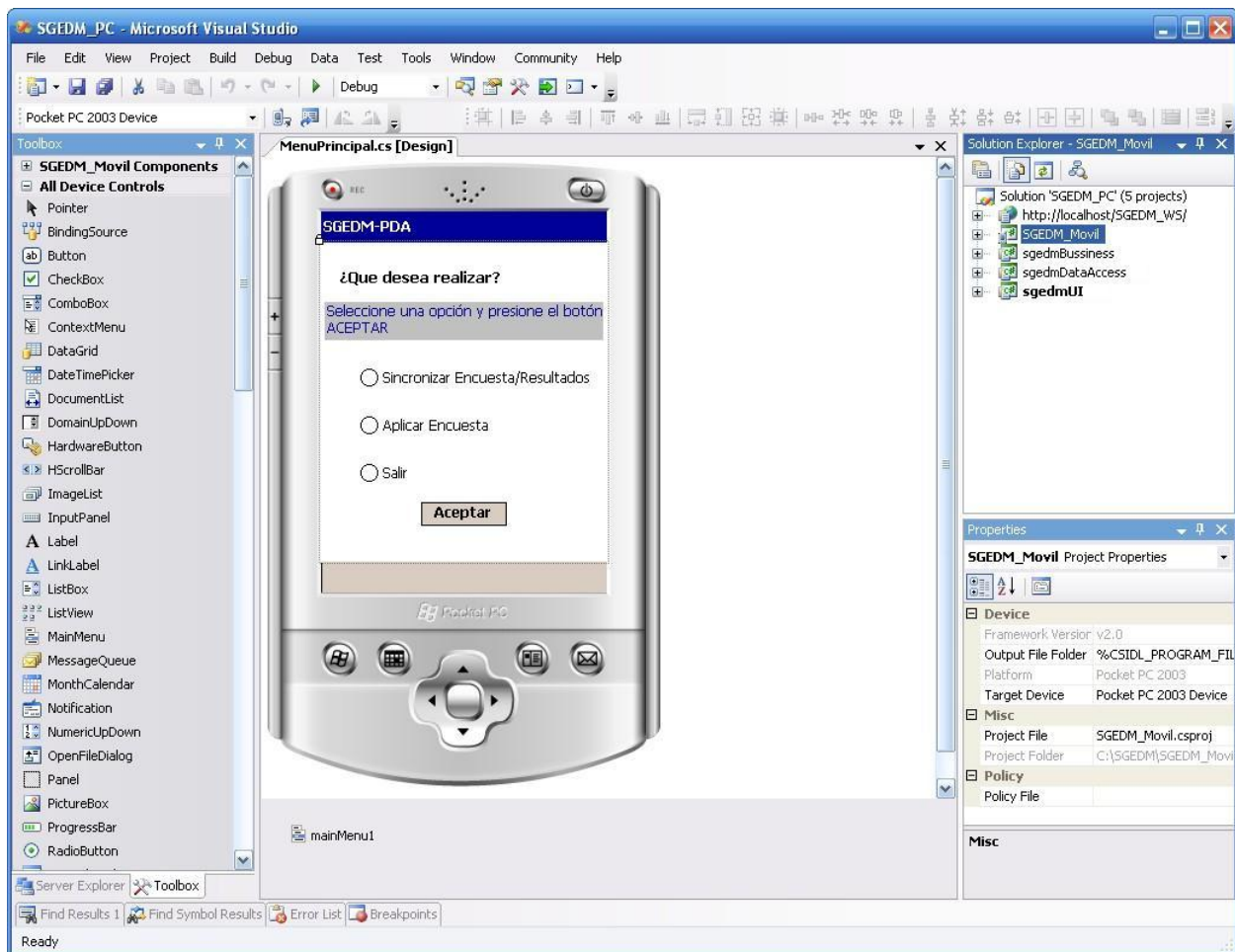


Figura 17. Entorno de desarrollo de la aplicación del dispositivo móvil.

En la aplicación de la encuesta el cuestionario es generado dinámicamente mostrando una sola pregunta por pantalla, utilizando solamente una forma (*Windows Form*) para mostrar el cuestionario de la encuesta; esto con el objetivo de no saturar la memoria del dispositivo.

3.3.4.3. Servicios Web

La sincronización de la encuesta del servidor al dispositivo móvil y los resultados de la encuesta del dispositivo móvil al servidor, se realiza utilizando Servicios Web (*Web Services*). Un servicio web es un sistema que permite la comunicación entre diferentes aplicaciones, ejecutándose en una variedad de plataformas y/o estaciones de trabajo, a través de la red, independiente al lenguaje de programación o sistema operativo. Se caracteriza por su gran interoperabilidad y extensibilidad, debido al uso de los estándares XML (*Extensible Markup Language*) y HTTP (*HyperText Transfer Protocol*). Los servicios web del SGEDM encapsulan funciones específicas

de la sincronización entre el dispositivo móvil y el servidor, y así por medio de estas funciones permitir el intercambio de información entre estas entidades (W3C). Estas funciones del SGEDM son:

- Consultar las encuestas disponibles a aplicar, para descargarlas al dispositivo móvil.
- Generar la encuesta con todo su contenido: secciones, preguntas y respuestas, para sincronizarla al dispositivo móvil.
- Insertar los resultados de las encuestas realizadas en la base de datos del servidor.

3.3.4.4. Hardware y software utilizado

Para la programación de este sistema se utilizaron los siguientes elementos en Hardware y Software:

Hardware

- Computadora portátil con las siguientes características
 - Sistema operativo Windows XP, versión 2002.
 - Intel Core2 1.83 GHz, 1 GB RAM.
- iPAQ Pocket PC h5555
 - Windows Mobile 2003
 - 400 MHz, 128 MB RAM / 48 MB ROM.
- Base para PDA (*Cradle*)

Software

- ActiveSync versión 4.5
- Microsoft Visual Studio 2005
- Emulador Pocket PC con Windows CE
- SQL Server 2005

3.3.5. Pruebas

En esta etapa, se realizan las pruebas necesarias al sistema para verificar que cumpla con las características establecidas en el análisis de requerimientos. Los tipos de pruebas más comunes que se aplican a un sistema son (Pfleeger, 2002):

- **Pruebas de función:** En esta prueba se verifica que el sistema integrado realice las funciones especificadas en los requerimientos.
- **Pruebas de rendimiento o pruebas de *performance*:** Compara el rendimiento de los componentes integrados con los requerimientos no funcionales del sistema. Estos requerimientos incluyen la seguridad, exactitud, velocidad y confiabilidad.
- **Pruebas de aceptación:** Asegura a los clientes que el sistema que pidieron es el sistema que se construye para ellos.
- **Pruebas de instalación:** Los usuarios ensayan las funciones del sistema y documentan todos los problemas adicionales.

Cabe mencionar que en este trabajo solamente se realizaron las pruebas de función y rendimiento las cuales se presentan en el capítulo 5.

3.3.6. Resumen

En este capítulo se describe la metodología utilizada para el desarrollo del sistema: La ingeniería de software. Se establecen las actividades realizadas en cada etapa del modelo de cascada para lograr el desarrollo del sistema.

En el siguiente capítulo se describe el producto final de este sistema, sus características, funcionalidades, módulos en los que se compone, y la comparación del SGEDM con los otros sistemas de encuestas comerciales.

CAPÍTULO IV.

4. Sistema Generador de Encuestas Diseñado para Dispositivos Móviles (SGEDM)

4.1. Introducción

En este capítulo se describen las características del sistema desarrollado, los módulos de los que éste se compone: SGEDM – PC, SGEDM – PDA y SGEDM – Sync, las funcionalidades de cada uno de estos módulos y por último la comparación del SGEDM con los sistemas de encuestas para dispositivos móviles comerciales.

4.2. Características

A continuación se presentan las características del SGEDM:

- Solamente se enfoca en las encuestas personales, debido a que pretende reducir las desventajas de este tipo de encuestas.
- Organiza a una encuesta en dos partes: *datos de la encuesta*, como título, objetivo y categoría (educación, política, censo, mercado y otros), y el *cuestionario*, formado por secciones, preguntas, posibles respuestas y filtros.
- Entre las actividades que implican la realización de una encuesta, mencionadas en la sección 2.2, las que implementará el SGEDM son: diseño y elaboración del instrumento de recolección de datos, aplicación de la encuesta, gestión de los datos de la encuesta y reporte de resultados. Con el objetivo de diferenciar estas actividades, se definieron tres estatus para las encuestas: *edición*, cuando el cuestionario de la encuesta está en proceso de diseño, *proceso*, cuando la encuesta está siendo aplicada y *cerrada*, cuando la encuesta ya ha sido aplicada y se tienen los resultados necesarios.
- En el diseño del cuestionario de la encuesta, los tipos de preguntas que implementará el sistema son: según su contestación, contenido y función.
- La conexión de los usuarios al servidor se puede realizar de forma simultánea mediante redes WI-FI (*Wireless Fidelity*) y cable.

En cuanto a los dispositivos móviles a utilizar y el tipo de solución a desarrollar se definió:

- El sistema es desarrollado para PDAs y teléfonos inteligentes con sistema operativo Windows Mobile.
- La solución desarrollada es del tipo *Smart-Client*, ya que como se menciona en la sección 2.3, estas aplicaciones pueden funcionar de forma desconectada de un servidor o internet, pero en algún momento también requieren la conexión para comunicarse o sincronizarse con un servidor.

4.3. Módulos del SGEDM

Haciendo referencia a la arquitectura del sistema, mostrada en la Figura 6 [Figura 13](#) de la sección 3.3.3.1, el SGEDM está compuesto de tres principales módulos: SGEDM – PC, SGEDM – PDA y SGEDM – Sync, como se muestra en la siguiente figura.

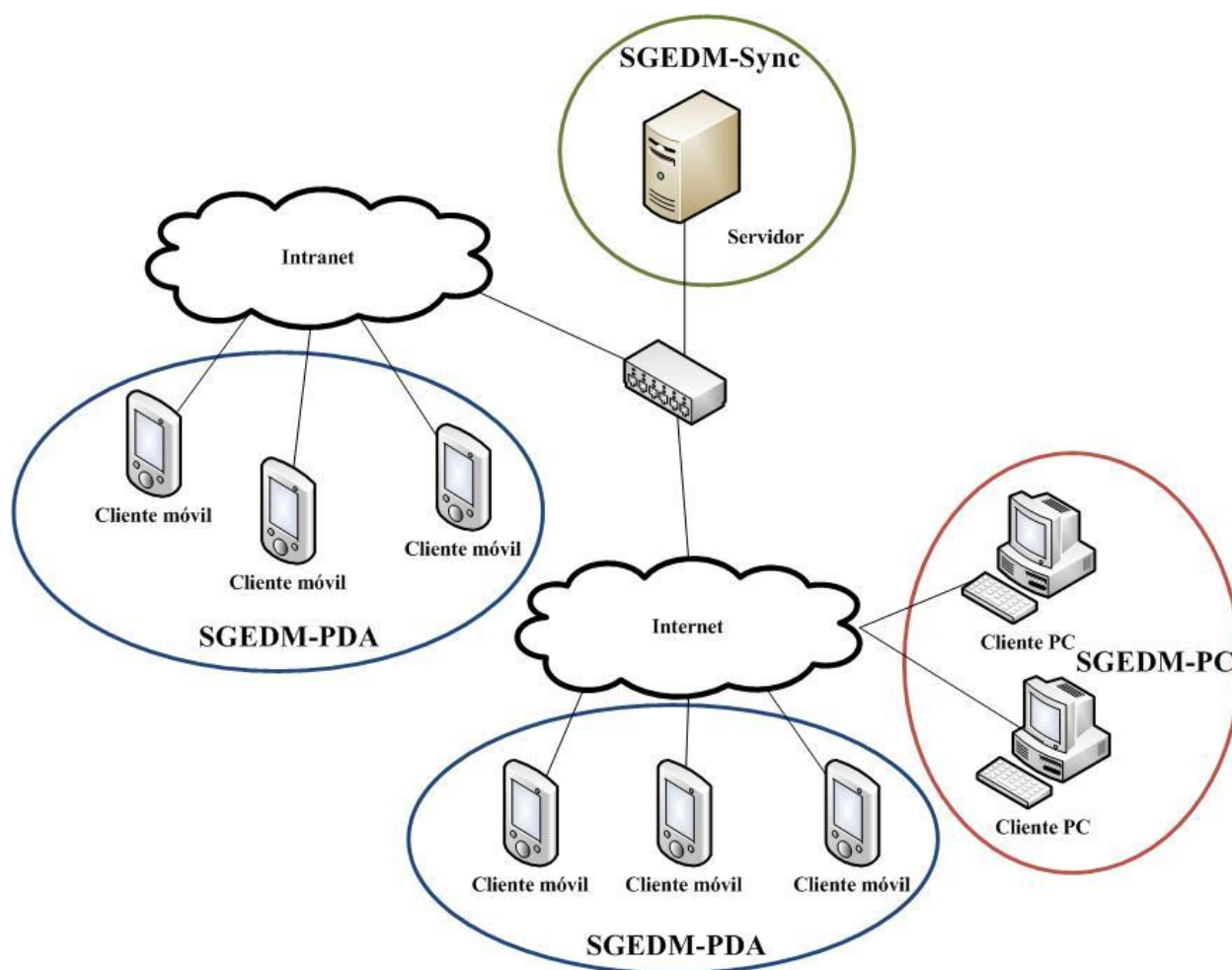


Figura 18. Módulos del SGEDM.

- a) **Módulo SGEDM – PC:** En este módulo el administrador del sistema puede crear, modificar, consultar y eliminar, encuestas, entrevistadores y reportes de las encuestas.
- b) **Módulo SGEDM – PDA:** En este módulo los entrevistadores pueden descargar encuestas al dispositivo móvil, aplicar éstas y enviar los resultados al repositorio de datos de las encuestas.
- c) **Módulo SGEDM – Sync:** Este módulo es un intermediario entre el dispositivo móvil, la PC y el repositorio de datos. Permite sincronizar las encuestas al dispositivo móvil y los resultados del dispositivo móvil al servidor de base de datos, así como también almacenar toda la información de las encuestas en el servidor.

4.4. Funcionalidades del módulo SGEDM – PC

A continuación se describen las funcionalidades del modulo **SGEDM – PC**.

a) Acceso al sistema

- Autenticar al administrador del sistema: Para tener acceso al SGEDM el administrador debe autenticar sus datos, nombre de usuario y contraseña.



Figura 19. Ventana de acceso al módulo SGEDM – PC.

b) Encuesta

- Crear encuestas en blanco.
- Crear encuestas utilizando plantillas. El sistema tiene almacenadas plantillas de encuestas, que el usuario puede modificar de acuerdo a sus intereses (Figura 20).
- Modificar datos de la encuesta.
- Eliminar una encuesta y todo su contenido.

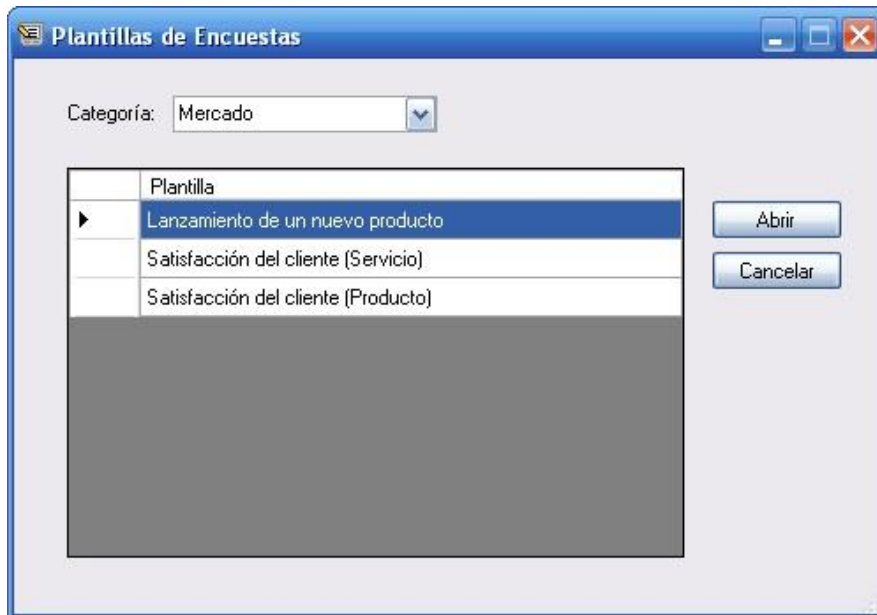


Figura 20. Plantillas de encuestas.

c) Cuestionario

- Crear, modificar y eliminar secciones, preguntas, posibles respuestas y filtros, Figura 21.
- Eliminar cuestionario.

Secciones

No.: 1

Sección: * CARACTERISTICAS DE LA VIVIENDA

Preguntas

No.: 5

Pregunta: * ¿En esta vivienda tienen:

Instrucción: Marque uno o más círculos

Tipo de Pregunta: * Opción Múltiple

No.	Pregunta	Instrucción
1	¿De qué material es la mayor parte del piso de esta vivienda?	Marque un solo c
2	¿Cuántos cuartos se usan para dormir sin contar pasillos?	
3	¿Cuántos cuartos tiene en total esta vivienda contando la c...	
4	¿Hay luz eléctrica en esta vivienda?	Marque un solo c
5	¿En esta vivienda tienen:	Marque uno o más
6	¿En esta vivienda tienen agua de:	Marque un solo c

Respuestas

No.: 2

Respuesta: * refrigerador?

Filtro:

No.	Respuesta	Filtro
1	televisión?	
2	refrigerador?	
3	lavadora?	
4	computadora?	
5	Ninguno de estos bienes?	

Cerrar

Figura 21. Ventana de diseño del cuestionario de una encuesta.

d) Reportes y bitácoras

- Consultar reportes. El reporte muestra las respuestas de una pregunta, el número de ocasiones que una opción de una respuesta fue elegida y el porcentaje (Figura 22).
- Consultar bitácora por encuesta. Muestra un listado de todas las bitácoras de la encuesta. El reporte muestra el nombre del entrevistador, fecha, hora, duración y lugar donde se realizó la encuesta, Figura 23.

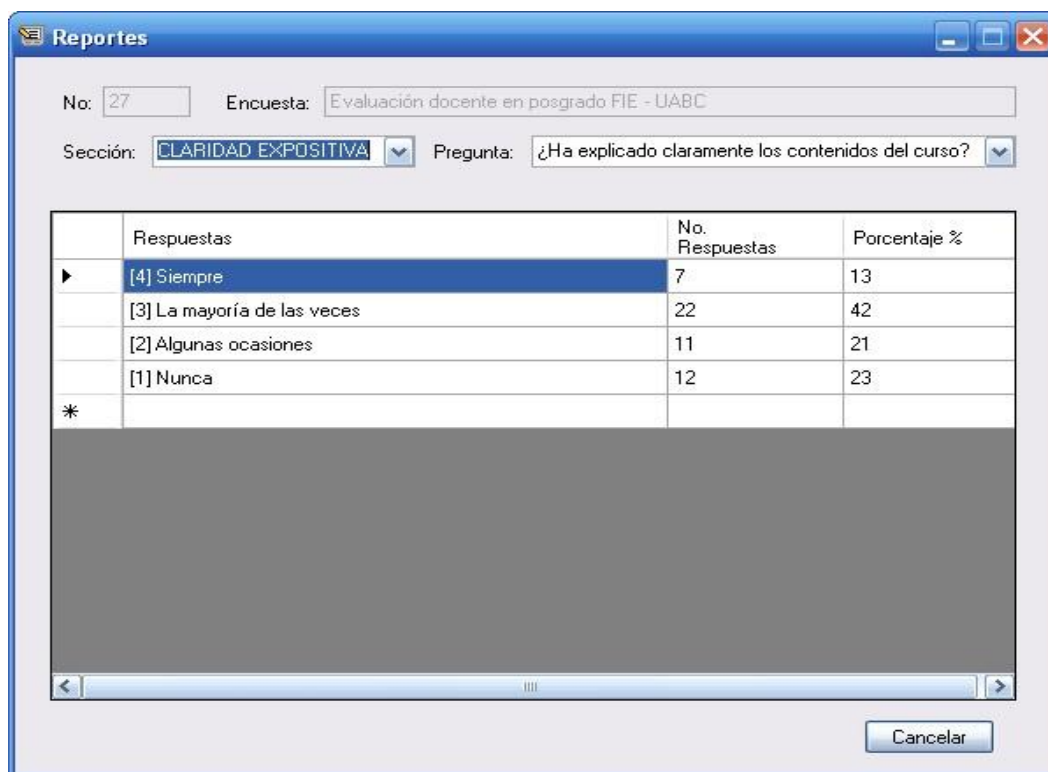


Figura 22. Reportes de una encuesta.

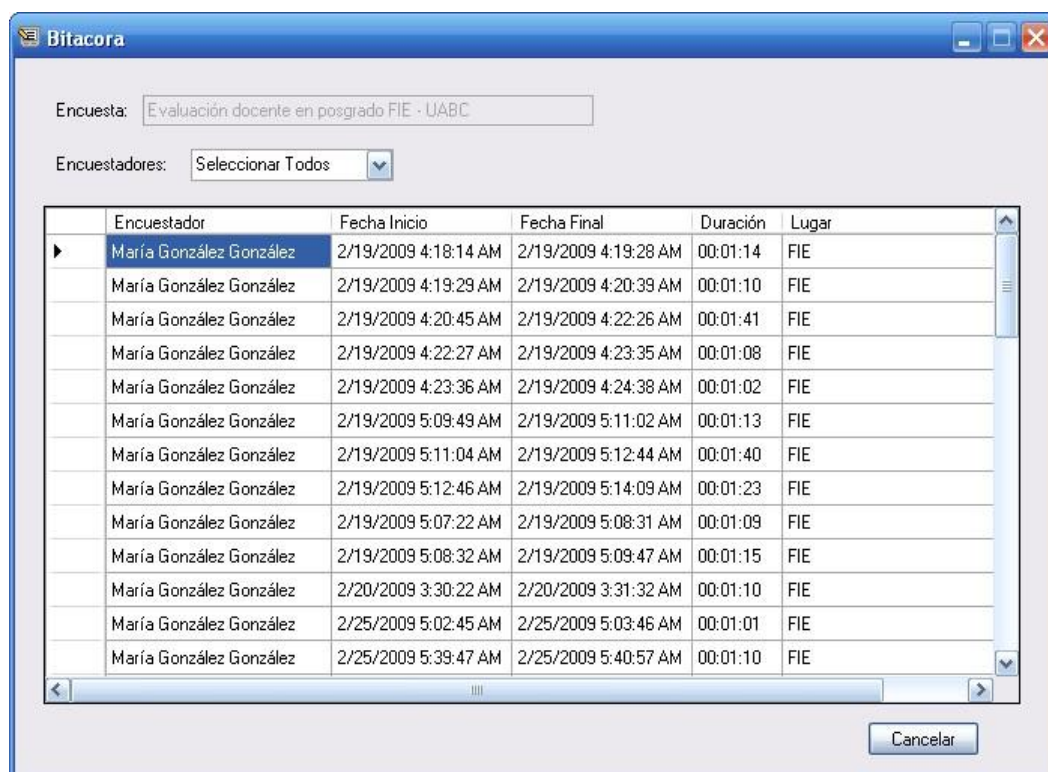


Figura 23. Bitácora de la encuesta.

e) Usuarios

- Crear, editar, consultar y eliminar usuarios.

Usuarios: Edith Zuñiga Rojas

No.: 1

Tipo de Usuario: * Administrador

Nombre de Usuario: * Administrador

Contraseña: * xxxxxx

Confirmar Contraseña: * xxxxxx

Nombre: * Edith

Apellido Paterno: * Zuñiga

Apellido Materno: * Rojas

Teléfono:

Dirección:

Correo:

Agregar

Guardar

Modificar

Eliminar

Cancelar

Figura 24. Ventana de administración de usuarios.

4.5. Funcionalidades del módulo SGEDM – PDA

A continuación se describen cada una de las funcionalidades del módulo **SGEDM – PDA**.

a) Conexión al servidor

- El entrevistador debe introducir la dirección IP del servidor para descargar una encuesta y/o sincronizar resultados (Figura 25).
- El entrevistador debe autenticarse con su nombre de usuario y contraseña (Figura 26).



Figura 25. Conexión al Servidor



Figura 26. Autenticación del entrevistador

b) Descargar encuesta

- El administrador puede descargar una encuesta para su posterior aplicación (Figura 27).

c) Sincronizar resultados

- Los resultados almacenados en el dispositivo móvil, pueden ser sincronizados al servidor de base de datos (Figura 28).

d) Aplicar encuesta.

- El entrevistador aplica la encuesta y captura las respuestas en el dispositivo móvil, las cuales serán almacenadas automáticamente en el dispositivo. También serán almacenados datos como la fecha, hora y lugar en que se realizó la encuesta, la duración y el nombre del entrevistador (bitácora), Figura 29.
- Validación de respuestas no contestadas durante la realización de la encuesta.



Figura 27. Descargar una encuesta.



Figura 28. Sincronizar resultados



Figura 29. Aplicación de una encuesta en el dispositivo móvil.

4.6. Funcionalidades del módulo SGEDM – Sync

Las funciones del SGEDM – Sync se dividen en dos:

a) Servidor de base de datos.

- En el servidor del sistema se almacena la base de datos que contiene toda la información de las encuestas. Cuando la información es modificada desde el modulo SGEDM – PC, se almacena y/o actualiza en tiempo real en el servidor.

b) Servicios web (*web services*).

- Se almacenan los servicios web necesarios para la sincronización tanto de las encuestas como de los resultados de éstas, en la siguiente figura se muestran los servicios web (*Web Services*) del SGEDM.

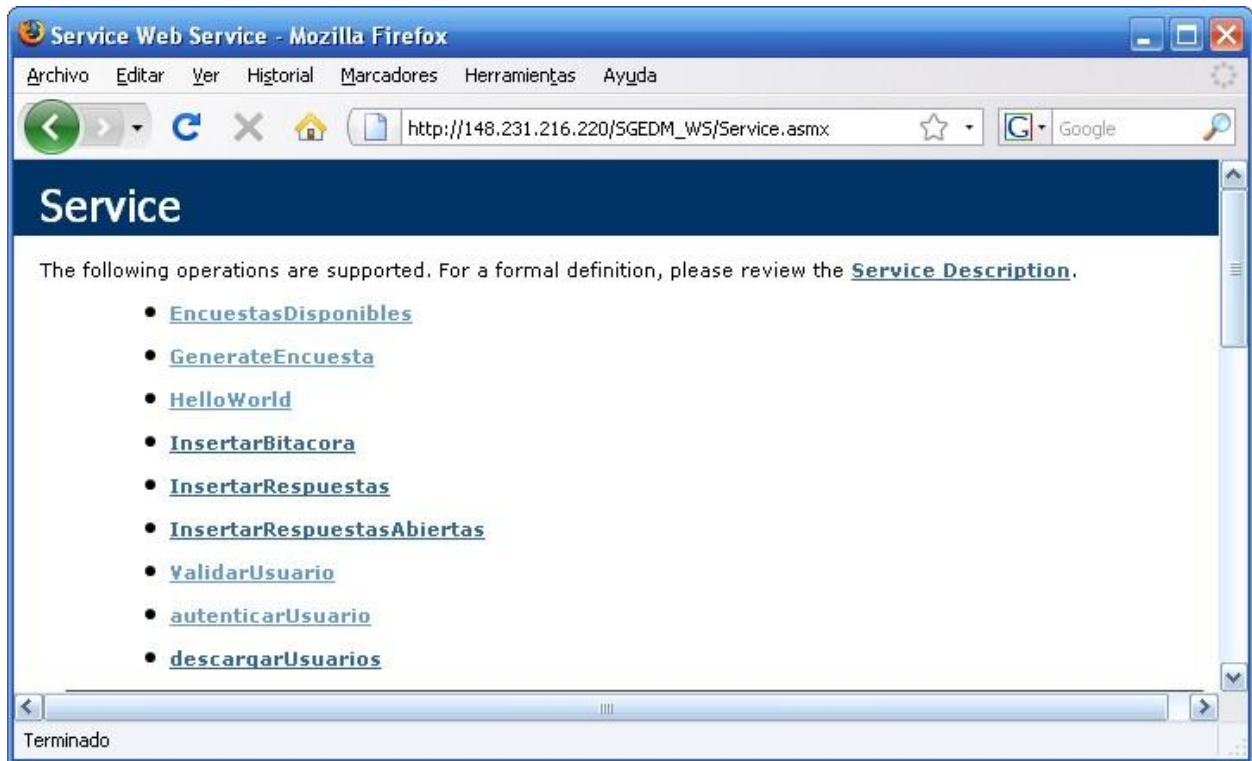


Figura 30. Servicios web del modulo SGEDM – Sync

4.7. Comparación del SGEDM con otros sistemas

En la siguiente tabla se hace una comparación con los sistemas de encuestas comerciales y el SGEDM, en relación a las características deseables, definidas en este trabajo de tesis, que debe proveer un sistema de encuestas para dispositivos móviles, mencionados en la sección 2.4.

Características	SINTECTA	SURVEY SYSTEM	ENTRYWARE	SNAP SURVEY	QSS	SGEDM
Tipo de preguntas: Abiertas, Cerradas y Semiabiertas			✓	✓	✓	✓
Salto entre preguntas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Validación de las respuestas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Instrucciones en cada pregunta			✓			✓
Bitácora: hora, fecha, lugar, etc.	✓		✓	✓	✓	✓
Imágenes en las preguntas		✓	✓	✓		
Gráficas o tablas	✓	✓	✓	✓		✓
Gestión y administración de las encuestas	✓	✓				✓
Administración de encuestadores						✓
Sincronización	Cable, internet	Cable, internet	Cable, internet, infrarrojo, bluetooth	Cable, internet	Cable, internet, infrarrojo, bluetooth	Cable, Internet
Codificación de resultados						
Plantillas de encuestas				✓		✓
Importar un cuestionario desde archivo		✓				

Se puede observar en la tabla anterior que el SGEDM cumple con la mayoría de las características deseables de este tipo de sistemas.

4.8. Resumen

En este capítulo se presentaron las características, módulos y funcionalidades del SGEDM. En el siguiente capítulo se presentan las pruebas de función y rendimientos aplicadas al SGEDM.

CAPÍTULO V.

5. Pruebas de función y Rendimiento aplicadas al SGEDM

5.1. Introducción

La última etapa de la metodología de cascada son las pruebas del sistema. En esta etapa, se aplican pruebas al sistema en desarrollo para garantizar su funcionalidad y rendimiento. El equipo, las actividades realizadas, las variables a medir y los resultados de las pruebas aplicadas al SGEDM se presentan a continuación.

5.2. Equipo utilizado

- **3 Pocket PC:**
 - Modelo: iPAQ Pocket PC h5555
 - Sistema operativo: Windows Mobile 2003
 - Procesador: Intel, 400 MHz
 - Tamaño y peso: 84 mm x 138 mm x 15.9 mm, 206.8 g.
 - Memoria: 128 MB RAM, 48 MB ROM
 - Pantalla: 240 x 320 pixeles, 65536 colores.

- **Servidor SQL Server**
 - Sistema operativo: Windows XP, versión 2002.
 - Procesador: Intel Core2 1.83 GHz
 - Memoria: 1 GB RAM
 - Almacenamiento: 100 GB

5.3. Variables dependientes e independientes

A las variables a medir en esta evaluación se les llama variables dependientes e independientes. Las variables dependientes, son aquellas donde influye el resultado de las variables independientes, para esta evaluación las variables dependientes son:

- Tiempo de respuesta (segundos)
- Memoria RAM del dispositivo móvil (MB)
- Funcionalidad
- Errores

Las variables independientes, son las que pueden ser controladas por el usuario. Para esta evaluación las variables independientes utilizadas son:

- Numero de dispositivos móviles
- Tamaño de una encuesta: Se definió como tamaño de una encuesta al número de registros almacenados en una tabla con información de una encuesta.

5.4. Evaluación

La evaluación del sistema se realizó a los módulos SGDEM – PC y SGEDM – PDA. Cada una de las actividades realizadas en cada módulo se presenta a continuación:

5.4.1. Módulo SGEDM – PC

- i. Se crearon cinco encuestas, de las cuales 2 fueron creadas a partir de plantillas, y 3 encuestas en blanco.
- ii. Se agregaron 4 entrevistadores al sistema.
- iii. Para cada una de las actividades mencionadas anteriormente se realizaron las operaciones de crear, modificar, consultar y eliminar.

Las encuestas creadas son las siguientes:

Encuesta	Categoría
UABC-CSEGE Encuesta de Seguimiento	Educación
II Censo de Población y Vivienda 2005	Censo
Evaluación docente en posgrado FIE - UABC	Educación

Tabla 3. Encuestas creadas en el SGEDM – PC.

Las encuestas creadas en base a plantillas son:

Encuesta	Categoría
Satisfacción del cliente de BANCOMER	Mercado
Intención de voto - Elecciones 2009	Política

Tabla 4. Encuestas creadas en el SGEDM – PC, utilizando plantillas.

El número total de secciones, preguntas y posibles respuestas en cada encuesta se muestra en la siguiente tabla.

Encuesta	Secciones	Preguntas	Posibles Respuestas
Satisfacción del cliente de BANCOMER	5	11	36
UABC-CSEGE Encuesta de Seguimiento	3	17	45
Intención de voto - Elecciones 2009	2	7	39
Evaluación docente en posgrado FIE - UABC	8	25	108

Tabla 5. Número de secciones, preguntas y posibles respuestas en cada encuesta.

El tamaño de la encuesta es:

Encuesta	Tamaño
Satisfacción del cliente de BANCOMER	39
UABC-CSEGE Encuesta de Seguimiento	48
Intención de voto - Elecciones 2009	40
Evaluación docente en posgrado FIE - UABC	111

Tabla 6. Tamaño de una encuesta.

5.4.2. Módulo SGEDM – PDA

- i. Realizar la conexión al servidor: introducir la dirección IP del servidor que contiene la base de datos del sistema, y los servicios web.
- ii. Autenticar los datos del entrevistador: El entrevistador introduce su nombre de usuario y contraseña para conectarse al servidor.
- iii. Mostrar encuestas disponibles: Una vez realizada la conexión, el sistema muestra el título de las encuestas disponibles para ser aplicadas y para descargar al dispositivo móvil.
- iv. Descargar una encuesta: Descargar al dispositivo móvil la encuesta para su posterior aplicación.
- v. Descargar una encuesta diferente: Solo cuando se utilizaron dos o tres PDAs.
- vi. Aplicar encuestas:
 - a. Aplicar cinco cuestionarios de tres encuestas almacenadas en el dispositivo móvil.
 - b. Aplicar al menos cien encuestas en el dispositivo móvil.
- vii. Sincronizar resultados: Esta opción permite sincronizar los resultados de las encuestas aplicadas (almacenados en el dispositivo) al servidor de base de datos.
- viii. Cada una de las actividades mencionadas anteriormente se realizaron utilizando una, dos y tres Pocket PC simultáneamente.

5.5. Resultados

5.5.1. Módulo SGEDM – PC

En este módulo solo se validaron la funcionalidad y errores del programa.

5.5.1.1. Funcionalidad

Todas las aplicaciones del sistema, funcionan correctamente, los errores encontrados se presentan a continuación.

5.5.1.2. Errores

Los errores encontrados al realizar las pruebas de funcionalidad y que fueron corregidos en su momento son los siguientes:

- En las consultas de información, al seleccionar fuera del rango, el sistema no encontraba un valor para realizar la consulta y mostraba un error.
- En las conexiones al servidor, la conexión quedaba abierta y el programa no tenía la instrucción *close* para cerrar la conexión.

5.5.2. Módulo SGEDM – PDA

5.5.2.1. Tiempo de respuesta

Utilizando una sola PDA el tiempo de respuesta fue de muy pocos segundos, pudiéndose observar en la Tabla 7 que al descargar una encuesta, la de mayor duración fue la encuesta de mayor tamaño, mientras que las otras encuestas se mantuvieron casi por el mismo tiempo debido a que es mínima su diferencia en tamaño.

Función	PDA 1	
Conexión al servidor	6 seg.	
Autenticar entrevistador	4 seg.	
Mostrar encuestas disponibles	1.5 seg.	
Descargar una encuesta	Satisfacción del cliente de Bancomer	4 seg.
	UABC-CSEGE Encuesta de Seguimiento	4 seg.
	Intención de voto - Elecciones 2009	3.40 seg
	Evaluación docente en posgrado FIE - UABC	7.45 seg.
Sincronizar resultados	2.5 seg.	

Tabla 7. Tiempos de acceso medidos utilizando una PDA.

De igual forma al utilizar dos PDAs simultáneamente (Tabla 8), el tiempo de respuesta fue mínimo en todas las funciones, la diferencia entre la PDA 1 y PDA 2 fue de muy pocos milisegundos. Al descargar una misma encuesta la diferencia de tiempos fue muy poca, y de igual forma al descargar la encuesta de mayor tamaño duro más tiempo en su descarga. Al descargar una encuesta diferente, puede observarse que la de mayor tamaño fue la encuesta de mayor duración en su descarga.

Función	PDA 1	PDA 2
Conexión al servidor	1.78s	1.78s
Autenticar entrevistador	5.13s	5.11s
Mostrar encuestas disponibles	1.98s	1.96s
Descargar una misma encuesta	Satisfacción del cliente de Bancomer	
	2.80 seg	2.50 seg
	Evaluación docente en posgrado FIE - UABC	
	6.70 seg.	6.76 seg.
Descargar una encuesta diferente	UABC-CSEGE Encuesta de Seguimiento	Intención de voto - Elecciones 2009
	5.50 seg.	2.50 seg.
Sincronizar resultados	2.65s	2.60s

Tabla 8. Tiempos de acceso medidos utilizando dos PDA simultáneamente.

Al utilizar tres PDA de manera simultánea el comportamiento de los tiempos de respuesta son casi los mismos que al utilizar dos y una PDA. Los tiempos de respuesta son mínimos, la diferencia es de muy pocos milisegundos.

Función	PDA 1	PDA 2	PDA 3
Conexión al servidor	4.13s	4.12s	4.10s
Autenticar entrevistador	2.56s	2.54s	2.44s
Mostrar encuestas disponibles	1.98s	1.98s	1.98s
Descargar una misma encuesta	3.98s	3.97s	3.96s
Descargar una encuesta diferente	3.85s	3.89s	3.87s
Sincronizar resultados	2.50s	2.53s	2.55s

Tabla 9. Tiempos de acceso medidos al utilizar tres PDA simultáneamente.

Al aplicar la encuesta “Evaluación docente en posgrado FIE – UABC” cien veces, siendo ésta la encuesta de mayor tamaño utilizada en ésta evaluación, se almacenaron en el dispositivo móvil 100 bitácoras, 2546 respuestas contestadas por opción y 181 respuestas abiertas, como se muestra en las siguientes figuras:

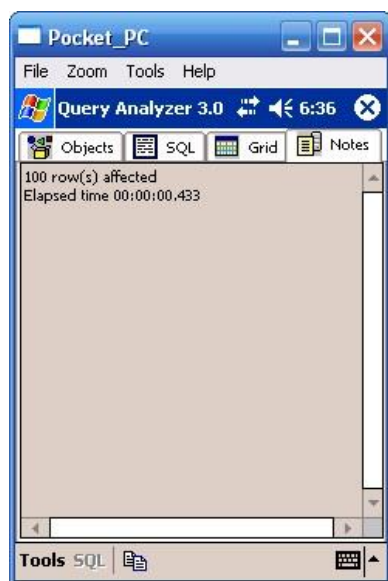


Figura 31. Bitácoras de 101 encuestas aplicadas

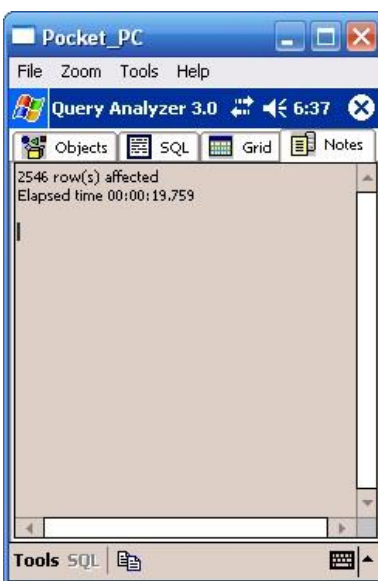


Figura 32. Respuestas de 101 encuestas aplicadas

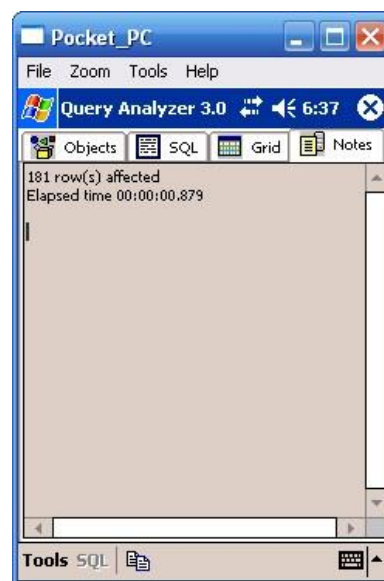


Figura 33. Respuestas abiertas de 101 encuestas almacenadas en la PDA.

El tiempo de respuesta al sincronizar estos resultados y bitácoras al servidor fue de 16.45 segundos, por lo que se puede observar que el tiempo de sincronización es rápido.

5.5.2.2. Memoria

En una PDA existen dos tipos de memoria: ROM y RAM. La memoria ROM almacena el sistema operativo y sus programas, y la memoria RAM almacena los programas instalados y contiene el espacio donde se crea “la pila de ejecución”, es decir, el espacio de memoria donde un programa guarda su estado mientras se ejecuta. Esta memoria se divide en dos: memoria de almacenamiento y memoria de programas. La memoria de almacenamiento, es el espacio disponible en la memoria RAM para guardar archivos, programas, etc., y la memoria de programas es el espacio disponible donde se almacenan los programas en ejecución.

En las siguientes figuras se puede observar que el espacio de memoria en almacenamiento sin encuestas almacenadas, y con 15 encuestas y resultados almacenados en las tres PDA. La memoria de almacenamiento utilizada fue de aproximadamente 0.02 MB en los tres dispositivos, mientras que en la memoria de los programas no ocurrió ningún cambio, solamente en la PDA 2 aumento 0.06 MB la memoria de los programas.

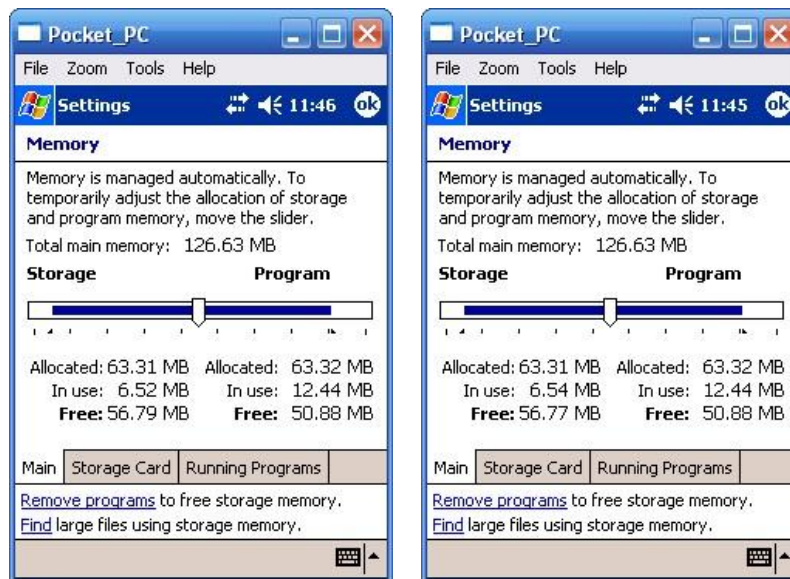


Figura 34. Memoria utilizada en la PDA 1 sin y con encuestas almacenadas.

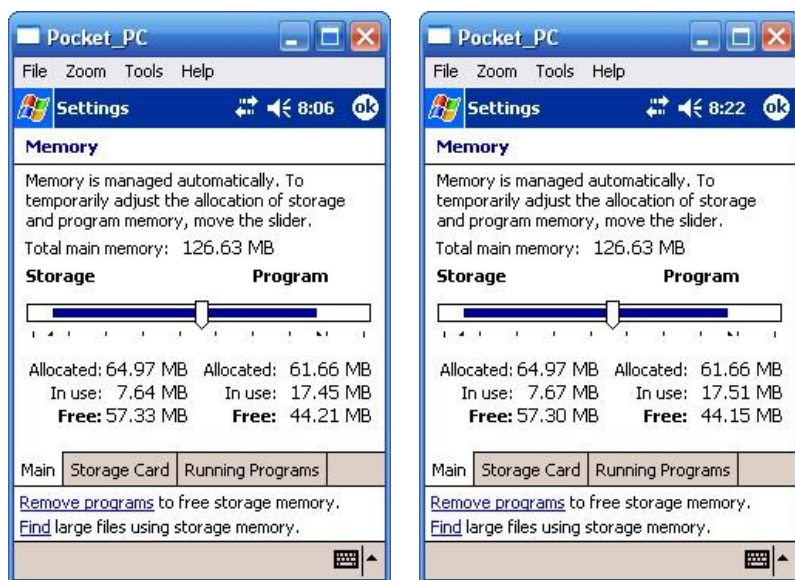


Figura 35. Memoria utilizada en la PDA 2 sin y con encuestas almacenadas.

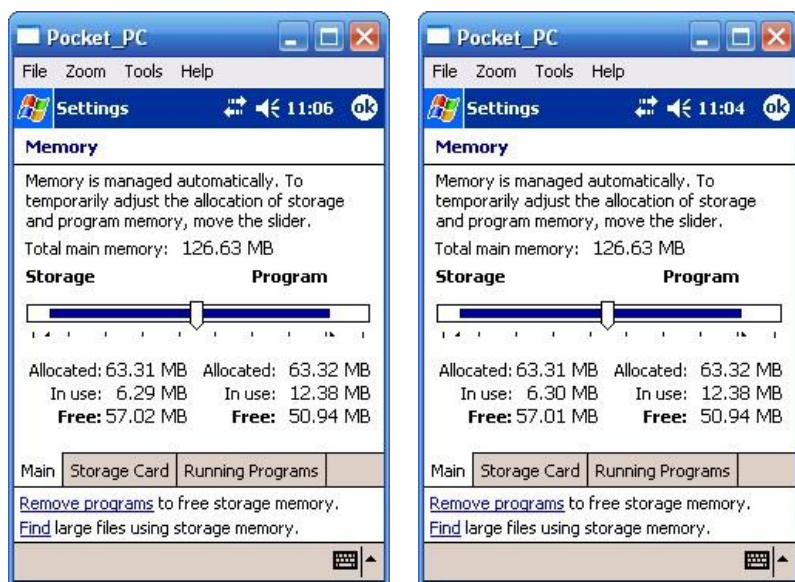


Figura 36. Memoria utilizada en la PDA 3 sin y con encuestas almacenadas.

En las siguientes figuras se puede observar la memoria utilizada del dispositivo móvil con y sin encuestas almacenadas. La memoria utilizada en almacenamiento con ciento uno encuestas aumento un 0.19 MB, mientras que en la memoria en programa aumento 1.41 MB, pudiendo concluir con esto que se pueden aplicar al menos cien encuestas en el SGEDM – PDA sin saturar la memoria del dispositivo.

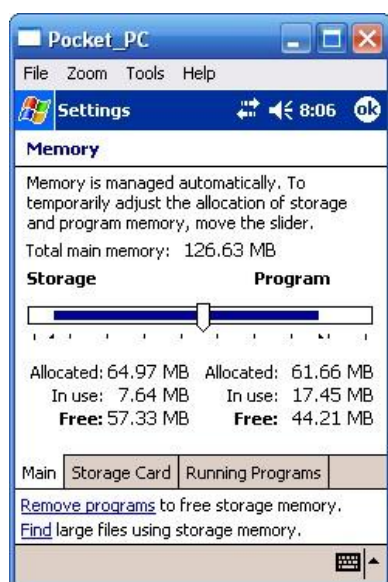


Figura 37. Memoria utilizada sin encuestas almacenadas.



Figura 38. Memoria utilizada con encuestas almacenadas.

5.5.2.3. Funcionalidad

Todas las aplicaciones funcionan correctamente, los errores encontrados se mencionan a continuación.

5.5.2.4. Errores

Los errores que ocurrieron son en cuanto a la conexión del servidor, debido a que los dispositivos móviles se conectan al servidor a través de una red inalámbrica y esta tiende a desconectarse continuamente.

Los errores de conexión al servidor ocurren:

- En la autenticación del entrevistador.
- Al desplegar las encuestas disponibles.
- Al descargar una encuesta al dispositivo móvil.
- Al sincronizar resultados.

Al momento de ocurrir un error, el sistema muestra el mensaje “Error en la conexión”, y solicita de nuevo realizar la conexión al servidor.

5.6. Resumen

En este capítulo se presentaron las pruebas de función y de rendimiento aplicadas al SGEDM, donde se evaluó el tiempo de respuesta en una petición al servidor, la memoria y almacenamiento del dispositivo móvil, funcionalidad y errores, en función del número de dispositivos móviles y del tamaño de una encuesta.

En el siguiente capítulo se presentan las conclusiones de este trabajo de tesis y trabajo futuro.

CAPITULO VI

6. Conclusiones

En este trabajo se desarrollo un sistema generador de encuestas para dispositivos móviles, utilizando la metodología de cascada de la Ingeniería de software y el paradigma de programación por capas, como caso de estudio de un sistema de adquisición de datos, el cual reduce las desventajas de las encuestas PAPI y CAPI, al eliminar la repetición de tareas, como el capturar las respuestas en papel y después transcribirlas a una base de datos o programa informático para su análisis, y proporcionar mayor fiabilidad en los datos, al disminuir la probabilidad de errores durante la captura y transcripción de las respuestas.

El SGEDM es un sistema de encuestas que incluye la mayoría de las características deseables, definidas en este trabajo, que debe proveer un sistema de encuestas para dispositivos móviles, como son: diferentes tipos de preguntas, filtros o saltos entre preguntas, instrucciones de llenado, validación de respuestas, plantillas, reportes y bitácoras de las encuestas, administración de encuestas y usuarios, y sincronización entre dispositivo móvil y servidor de respuestas a través de Internet. Además de estas características el SGEDM es un sistema escalable y fácil de mantener debido a su modularidad.

Al realizar las pruebas de funcionalidad al sistema, se puede concluir que el SGEDM permite realizar al menos 100 encuestas en el dispositivo móvil (PDA), utilizando un mínimo de memoria de 0.20 MB en almacenamiento y 0.29 MB en programa, y sincronizarlas al servidor de forma simultánea entre varios usuarios en menos de 60 segundos. Este sistema puede ser utilizado por instituciones, organizaciones, empresas de investigación de mercado y opinión pública, investigadores y personas en general que requieran realizar una encuesta utilizando dispositivos móviles.

6.1. Trabajo futuro

Como trabajo futuro, se propone el desarrollo de las siguientes funcionalidades en el SGEDM:

- Graficar los resultados de las encuestas.
- Incluir elementos multimedia como apoyo en la realización de la encuesta.
- Importar encuestas desde archivo.
- Sincronizar la información utilizando la tecnología Bluetooth e infrarrojo
- Implementar el SGEDM en el lenguaje Java.
- Verificar la integridad de los datos.

BIBLIOGRAFÍA

Bologna, J., & Walsh, A. M. (1977). *The Accountant's Handbook of Information Technology*.

Braude, E. J. (2005). *Ingeniería de software una perspectiva orientada a objetos*. Grupo editor Alfaomega.

del Valle, R. V., & Granados, J. M. *Programación en capas*. Universidad de Costa Rica, Ciencias de Computación e Informática.

Fink, A. (2003). *The survey handbook* (2da. edición ed.). Thousand Oaks, California: Editorial SAGE.

Firtman, M. R. (2005). *Desarrollos móviles con .NET* (1a. edición ed.). Buenos Aires: MP Ediciones.

Gortari, E. d. (2000). *Diccionario de la lógica*. México: Plaza y Valdés: Universidad Autónoma de México.

Kaplan, G. T. (n.d.). *Entryware*. Retrieved 2007, from <http://www.trevenque.es/index.php/Entryware/44/0/>

Microsoft. (n.d.). *Acceso a Datos con ADO.NET*. Retrieved 2008, from www.microsoft.com/spanish/MSDN

Microsoft. (2008, Agosto). *Procedimientos Almacenados*. Retrieved from MSDN: <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms190782.aspx>

MySQL, S. M. (2008, Agosto 12). *MySQL 5.0 Reference Manual*. Retrieved Octubre 2008, from MySQL: <http://dev.mysql.com/>

Norris, M., & Rigby, P. (1994). *Ingeniería de software explicada*. Megabyte Noriega Editores.

Palasí, L. V.-R. (2003, Junio). Modelos de desarrollo iterativos. *Aurum Solutions*.

Pantoja, E. B. (2004, Diciembre). El patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC) y su implementación en Java Swing. *ACTA NOVA*, 2.

Pfleeger, S. L. (2002). *Ingeniería de Software, Teoría y practica*. Prentice Hall.

Pressman, R. S. (2000). *Ingeniería de software, un enfoque práctico* (Cuarta Edición ed.).

Rosero Bixby, L., Hidalgo Céspedes, J., & Antich Montero, D. (2007, Julio 1). Mejora de la calidad y disminución de costos de censos y encuestas utilizando computadores de mano (PDA). Una aplicación en Costa Rica. *Población y Salud en Mesoamérica*, p. 23.

Rvox. (n.d.). Retrieved 2007, from Rvox - Marketing Research Global Network: <http://www.rvox.net/rvoxhome.html>

S.A., T. T. (n.d.). QSS . Retrieved 2007, from QSS software para toma de encuestas en terreno: <http://www.tgi.cl/SoftwareTomaEncuestas.htm>

Sintecta. (n.d.). Retrieved 2007, from Sintecta: <http://www.sintecta.com/>

Sorensen, C.-F. (2003). An evaluation of mobile task reporting system for different mobile devices. *ZDNet.co.uk*. Norwegian University of Science and Technology.

Surveys, S. (n.d.). *Snap Surveys*. Retrieved 2007, from <http://www.snapsurveys.com/>

Systems, C. R. (n.d.). Retrieved 2007, from The Survey System: <http://www.surveysystem.com/>

W3C. (n.d.). *Web Services Activity*. Retrieved 2008, from W3C World Wide Web Consortium: <http://www.w3.org/2002/ws/>

Yang Baijian, Z. P. (2007). *Professional Microsoft Smartphone Programming*. Wiley publishing.

Zapata, D. E. (2004, Mayo 28). *El Guille*. Retrieved Octubre 2008, from http://www.elguille.info/colabora/puntoNET/jevergara_Multitier.htm

Anexo A

Requerimientos Generales

Módulo SGEDM – PC	
RG-001	Almacenará encuestas (datos de las encuestas), cuestionarios, secciones, preguntas, posibles respuestas y filtros) y datos de los usuarios en la base de datos del servidor.
RG-002	Generará plantillas de encuestas.
RG-003	Generará reportes de los resultados de las encuestas.
RG-004	Eliminará encuestas, cuestionarios, datos de usuarios y resultados de la base de datos.
Módulo SGEDM – Sync	
RG-005	Sincronizará el dispositivo móvil y el servidor, para descargar resultados, cuestionarios y bitácoras.
RG-006	Autenticará al entrevistador al ingresar a la aplicación.
Módulo SGEDM - PDA	
RG-007	Autenticará al entrevistador al ingresar a la aplicación de la encuesta.
RG-008	Generará y desplegará el cuestionario con las secciones, preguntas y posibles respuestas en el dispositivo móvil.
RG-009	Validará las respuestas capturadas por el entrevistador.
RG-010	Almacenará en la base de datos del dispositivo móvil las respuestas de cada pregunta.
RG-011	Almacenará los datos de la bitácora de la encuesta en una base de datos en el dispositivo móvil.

Requerimientos Funcionales

Administrador	
RF-001	Diseñara una nueva encuesta en blanco.
RF-002	Registrará/modificará los datos de la encuesta.
RF-003	Agregará/modificará/eliminará secciones del cuestionario.
RF-004	Agregará/modificará/eliminará preguntas del cuestionario.
RF-005	Agregará/modificará/eliminará posibles respuestas y filtros del cuestionario.
RF-006	Abrirá/consultará/eliminará encuestas almacenadas en el servidor de base de datos.
RF-007	Agregara/modificara/eliminar/consultará a los usuarios del sistema.
RF-008	Podrá consultar los resultados de las encuestas realizadas.
RF-009	Podrá consultar la información de las bitácoras.
RF-010	Podrá salir del sistema en el momento que lo desee.
Entrevistador	
RF-011	Deberá ingresar su nombre de usuario y contraseña al ingresar al Modulo de Sincronización.
RF-012	Descargará el cuestionario de la encuesta que desea aplicar al dispositivo móvil
RF-013	Exportará los resultados de la encuesta o bitácora al servidor de base de datos.
RF-014	Deberá ingresar su nombre de usuario y contraseña para aplicar la encuesta.
RF-015	Aplicará la encuesta a los encuestados y capturará los resultados de la encuesta en el dispositivo móvil.

Requerimientos no funcionales

RNF-001.	El número de preguntas y encuestas queda limitado por el tamaño de la memoria del dispositivo móvil a utilizarse.
RNF-002.	El sistema se instalará en una computadora personal con sistema operativo Windows XP o superior.
RNF-003.	Como dispositivo móvil se utilizará una Pocket PC para la aplicación de la encuesta.
RNF-004.	El sistema debe implementarse en Visual Studio.NET, utilizando C# y el manejador de bases de datos SQL Server.

Diagramas de Casos de Uso

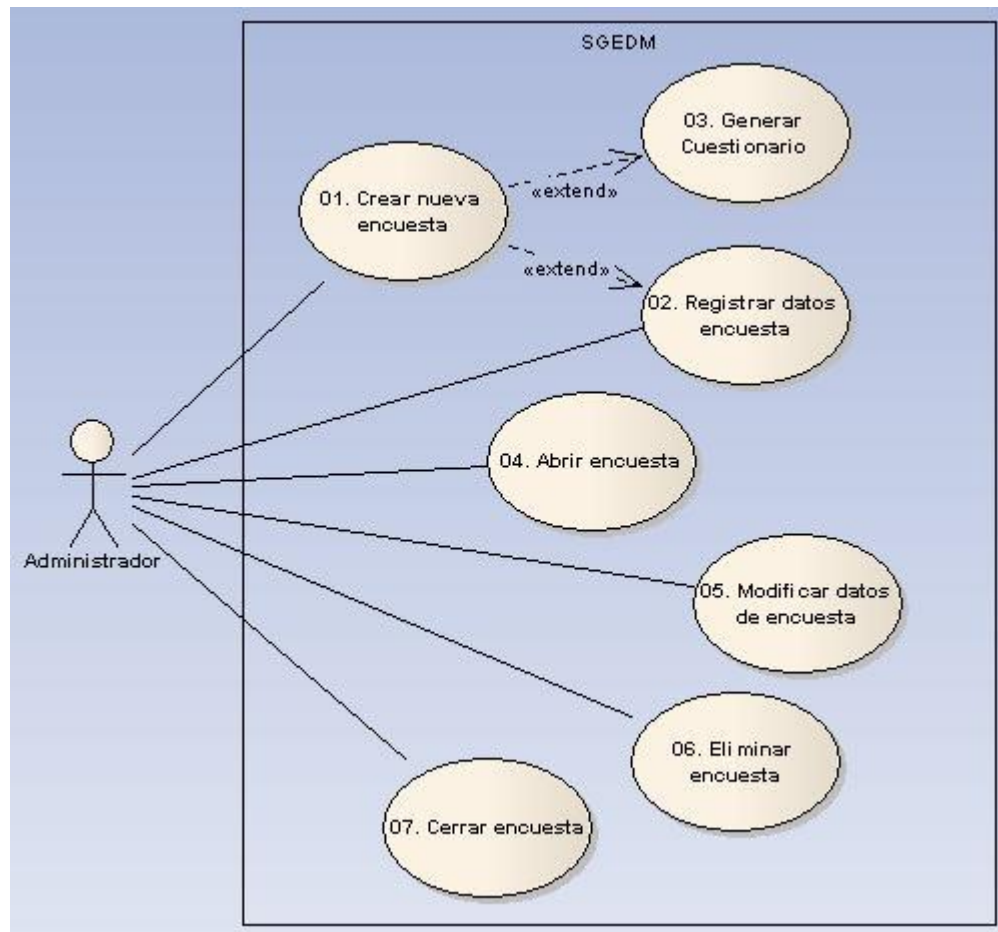


Figura 39. Diagrama de caso de uso del módulo de Administración de Encuestas.

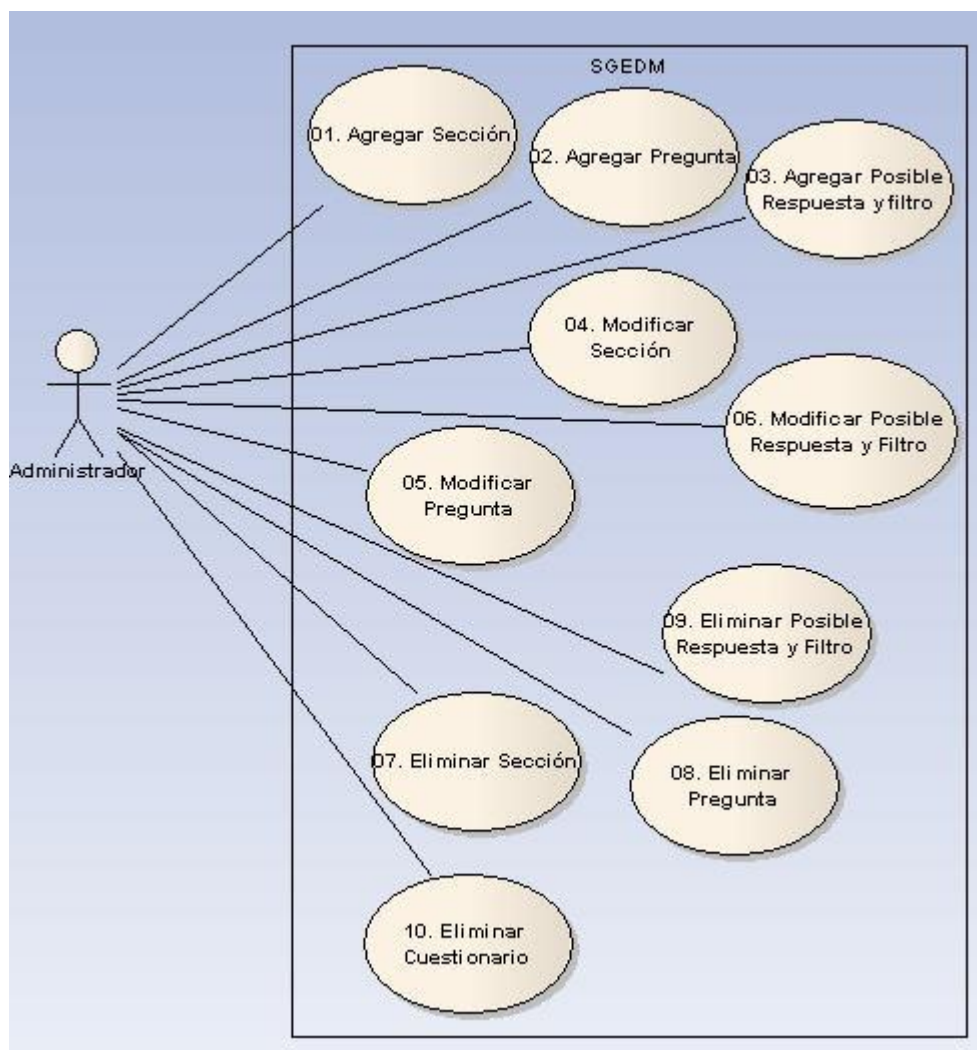


Figura 40. Diagrama de caso de uso del módulo Generar Cuestionario.

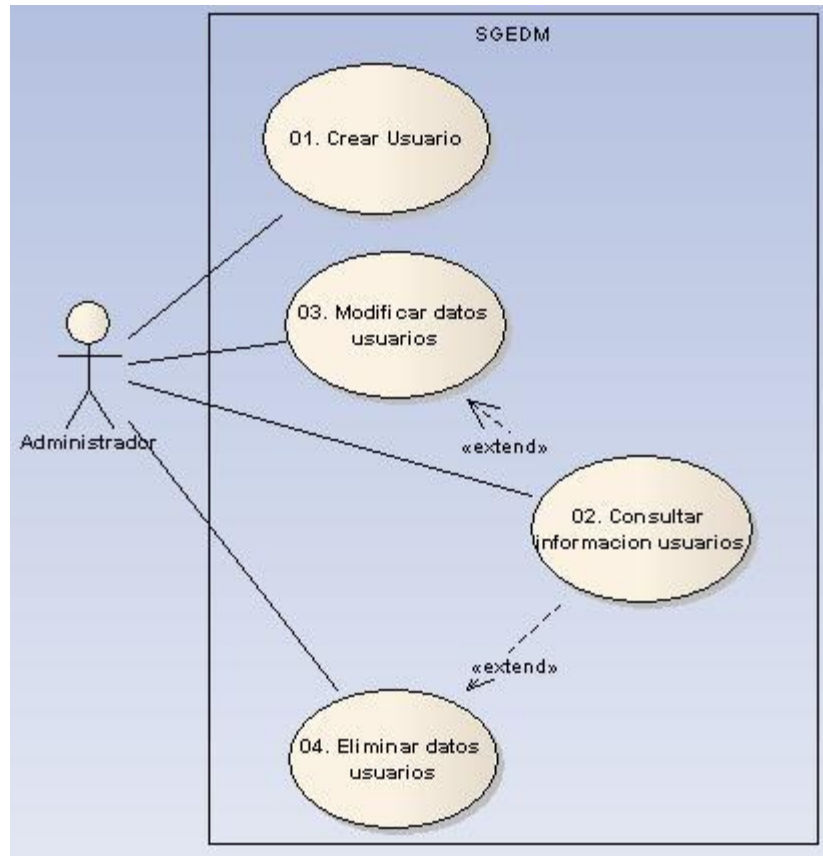


Figura 41. Diagrama de caso de uso del módulo Usuarios.

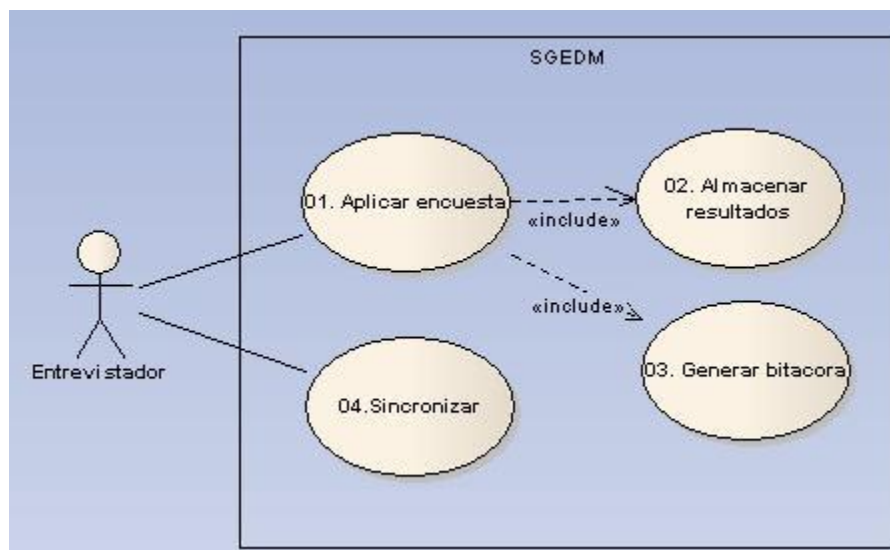


Figura 42. Diagrama de caso de uso del módulo SGEDM - PDA.

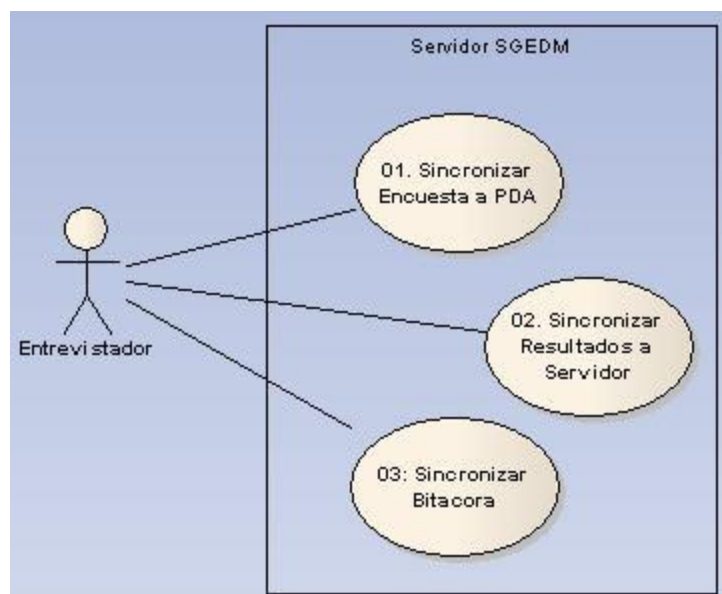


Figura 43. Diagramas de casos de uso del módulo Sincronizar.

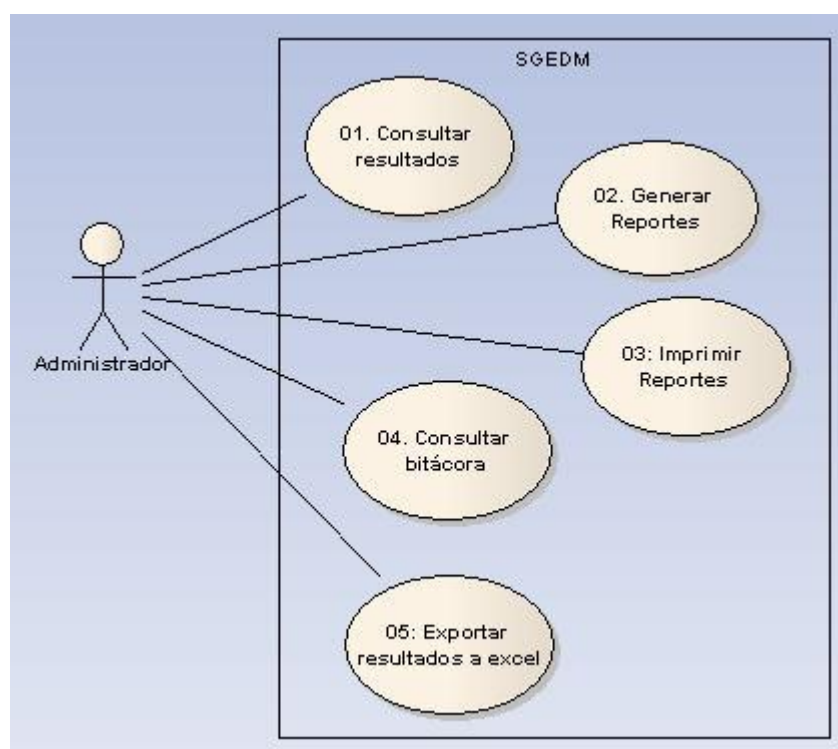


Figura 44. Diagrama de caso de uso del módulo Reportes.