

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 3



Título: Procedimiento para la evaluación de la usabilidad en el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica.

Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas.

Autores:

Yasmery Prieto Carmona.

Addel A Rodríguez Enamorado.

Tutores:

Ing. Yadián Guillermo Pérez Betancourt.

Ing. Liset González Polanco.

Co-tutor:

Ing. Jorge Jesús Hidalgo Ruíz

La Habana, Junio de 2015

“Año 57 de la Revolución”

*Dios da esfuerzo al cansado, y multiplica las
fuerzas al que no tiene ninguna .*



AGRADECIMIENTOS

Yasmary

A Dios por ser tan fiel y ayudarme cuando más lo necesité, por ser tan paciente y amoroso conmigo, por nunca virarme la espalda, por hacerme la persona que soy hoy. Mis conocimientos, todo de mi te pertenece solo a ti.

A mis padres por su amor y cariño durante todos estos años de sacrificio.

A mi papá Víctor, gracias por trabajar tanto y ayudar a que mis sueños se hicieran realidad.

A mi mamá Zoraida, por su carisma, por sus consejos y toda la alegría que me dio en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi abuela Juana, por haber orado por mí en todos estos años y amarme tanto.

A mi mascota favorita, mi perro Leal, por ser tan gracioso y hacerme reír en todo tiempo.

A mis hermanos en Cristo, los amo, gracias por su apoyo incondicional, por estar en los momentos de alegría y tristeza, especialmente a Juan, Yaneisi, Adyana, Dianet, Haileen, Lizandra y Yuniel. Sigán firme en la fé, en la esperanza que es Cristo Jesús. Amen a Dios con todo su corazón, alma, mente y fuerzas, nunca le olviden, porque Él los ama mucho.

A mis tutores Liset y Yadián por haberme apoyado y guiado durante el desarrollo de este trabajo.

A mi compañero de tesis, que sin él este trabajo no se hubiera terminado.

Addel

Al que posee el control de todas las cosas y se complace en hacer el bien ya que de Él mana la vida y sostiene la mía en sus manos con amor y paciencia, si, a Dios sea toda la gloria por su fidelidad, porque gracias a su guía y respaldo fue cumplido lo planeado, en Él está la victoria, gracias Altísimo, recibe toda la gloria hoy y por siempre.

A mi esposa por su amor, cariño, entrega y sacrificio ya que ha sido mi ayuda idónea en todo, sustentando y complementando mis esfuerzos.

A mis padres y abuela por su amor y apoyo incondicional durante todos estos años de sacrificio.

A mis tutores Liset y Yadián por haberme apoyado y guiado durante el desarrollo de este trabajo.

A mi compañera de tesis, que junto a ella fue posible la realización de este trabajo en el cual no solo cultivamos una hermandad profesional sino también una gran amistad.

A mis hermanos en Cristo, Alayo, Jose, Juan y Marcos que brindaron de su apoyo incondicional y de su tiempo, gracias por llorar con los que lloran y reír con los que ríen, porque aunque ya tendrán su recompensa en los cielos, han demostrado en la tierra que la palabra del Señor es fiel y alegra el alma de los hombres. Dios los continúe bendiciendo.

A todos aquellos que de una manera u otra estuvieron en los momentos de dificultad y felicidad, brindando de su apoyo para la realización de este trabajo. Gracias.

DEDICATORIA

A Dios por ser nuestro guía en todo tiempo.

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Declaro ser autor de la presente tesis y reconozco a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los ___ días del mes de ___ del año ___.

Yasmary Prieto Carmona

Addel Alfredo Rodríguez Enamorado

Firma del Autor

Firma del Autor

Ing. Yadian Guillermo Pérez Betancourt

Ing. Liset González Polanco

Firma del Tutor

Firma del Tutor

RESUMEN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han alcanzado gran popularidad en la actualidad y su aplicación en las diferentes áreas crece cada día, por lo que es de vital importancia asegurar la usabilidad durante su desarrollo para proporcionarles a los usuarios finales sistemas que satisfagan sus necesidades, sencillos de aprender y utilizar. En la presente investigación se realiza un estudio de los conceptos, métodos, técnicas, herramientas y metodologías de evaluación de usabilidad y modelos de calidad de software, para observar el tratamiento de la usabilidad en los distintos productos informáticos y así obtener algunos atributos, métodos, y técnicas de evaluación de usabilidad, que permitan evaluar los Sistemas de Información Geográfica de acuerdo a sus características. Se presenta un procedimiento de evaluación de usabilidad que permite que estos sistemas sean eficientes en las búsquedas, fáciles de aprender y recordar, brinden información real, produzca experiencias emocionales en los usuarios, tengan utilidad en la sociedad y fácil comprensión de lo transmitido. Este procedimiento no solo permite evaluar sistemas ya terminados, sino también desde horas tempranas de su desarrollo, logrando que el producto sea aceptado y posea gran facilidad de uso para los usuarios finales. Además se obtiene una herramienta informática desarrollada en el lenguaje de programación Python, utilizando la metodología de desarrollo XP(Extreme Programing), para el registro de la información derivada de la aplicación de la propuesta, que pueda ser utilizada posteriormente en la toma de decisiones en otros proyectos.

Palabras clave: Procedimiento, Sistema de Información Geográfica, Usabilidad.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.	15
1.1 Sistemas de Información Geográfica.	15
1.2 Principales componentes de los Sistemas de Información Geográfica.	16
1.3 Fases de desarrollo de Sistemas de Información Geográfica.	17
1.4 Usabilidad.	18
1.4.1 Definiciones de usabilidad.	18
1.4.2 Concepto de usabilidad para esta investigación.	18
1.5 El proceso de evaluación de software.	19
1.5.1 Estándar ISO 14598-5 Proceso para evaluadores.	19
1.6 La evaluación de la usabilidad.	20
1.7 Métodos de evaluación de usabilidad.	20
1.8 Técnicas de evaluación de usabilidad.	22
1.8.1 Técnicas de evaluación descriptivas.	23
1.8.2 Técnicas de evaluación predictivas.	23
1.9 Evaluación de la usabilidad.	24
1.9.1 La usabilidad en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA).	24
1.9.2 La usabilidad en los Atlas Digitales.	25
1.9.3 La usabilidad en Metodologías de Desarrollo Ágil.	26
1.9.4 Herramientas de evaluación de usabilidad.	27
1.9.5 Metodologías de evaluación de usabilidad.	29
1.10 Atributos de usabilidad definidos.	30
1.11 Conclusiones del Capítulo.	33
CAPÍTULO 2: PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE USABILIDAD PARA SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	35
2.1 Procedimiento de evaluación.	35
2.1.1 Nombre del procedimiento.	35
2.1.2 Objetivo.	35

2.1.3 Alcance.	35
2.1.4 Referencias.	35
2.2 Descripción del procedimiento.	35
2.2.1 Definir atributos de usabilidad.....	36
2.2.2 Definir tipos de métricas	38
2.2.2.1 Propuesta de métricas.....	40
2.2.3 Establecer un plan de acciones para la medición	41
2.2.4 Procesar y analizar los datos.....	41
2.2.5 Detectar errores de usabilidad.....	41
2.2.6 Proponer medidas correctivas	42
2.3 Necesidades de los usuarios.	43
2.3.1 Funcionalidades del sistema.	43
2.3.2 Propiedades del sistema.	43
2.4 Herramientas para el desarrollo.	43
2.4.1 Herramienta de modelado.	43
2.4.2 Lenguaje de programación.....	44
2.4.3 Entorno de Desarrollo Integrado.....	44
2.4.4 Gestor de Base de Datos.	44
2.4.5 Framework de desarrollo.....	45
2.5 Metodología de desarrollo.....	45
2.5.1 Metodologías ágiles.....	45
2.5.2 Metodología XP.....	45
2.5.3 Selección de la metodología de desarrollo.	46
2.6 Fase de planificación.	47
2.6.1 Historias de usuario.....	47
2.6.2 Estimación de esfuerzo por historias de usuario.....	48
2.6.3 Plan de iteraciones.....	49
2.6.4 Plan de entrega.....	49
2.7 Fase de diseño.	50
2.7.1 Tarjetas CRC.....	50

2.8 Arquitectura del sistema.....	51
2.8.1 Patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador con Web2py.	51
2.9 Modelo físico de la base de datos.....	52
2.10 Conclusiones del capítulo.	53
CAPÍTULO 3: VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS.	54
3.1 Método Delphi.....	54
3.2 Indicadores a evaluar en la encuesta.....	55
3.3 Selección del grupo de expertos.	55
3.4 Cuestionario para la validación de la propuesta.....	57
3.4.1 Resultados de la encuesta realizada a los expertos.....	58
3.4.2 Resultados por indicadores.	58
3.5 Resultados de las pruebas al sistema.....	60
3.6 Aplicación del procedimiento.....	62
3.7 Conclusiones del capítulo.	65
CONCLUSIONES GENERALES	66
RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
Cabrera Montoya, Lizzet y Acosta Hinojosa, Virgen Yuliet. 2008. <i>MÉTRICAS ESTANDARIZADAS INTERNACIONALMENTE, PROPUESTAS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS DE SOFTWARE</i> . Ciudad de La Habana : s.n., 2008.	68
ANEXOS	72
Anexo 1	72
Anexo 2	74
Anexo 3	75

Figura. 1: Componentes SIG.....	16
Figura. 2: Fases del proceso de evaluación de software según la norma ISO/IEC 14598.	19
Figura. 3: Procedimiento para la Evaluación de la Usabilidad en SIG durante el proceso de desarrollo.	36
Figura. 4: Distribución de atributos por fase.	36
Figura. 5: Técnica para medir las emociones de los usuarios de forma no verbal.	41
Figura. 6: Patrón MVC en Web2py.....	52
Figura. 7: Diagrama de Entidad Relación.	53
Figura. 8: Grado de competencia de los expertos seleccionados.	57
Figura. 9: Resultados de la encuesta realizada a los expertos.	58
Figura. 10: Criterio de implantación.	58
Figura. 11: Criterio de flexibilidad.	59
Figura. 12: Criterio de impacto.	59
Figura. 13: Criterio de mérito científico.	60
Figura. 14: No conformidades en la 1ra iteración.	60
Figura. 15: No conformidades en la 2da iteración.....	61
Figura. 16: No conformidades en la 2da iteración.....	61
Figura. 17: Dificultades del mapa temático al representar las clínicas.	62
Figura. 18: Dificultades del mapa temático al representar los policlínicos.....	63
Figura. 19: Dificultades del mapa temático al representar los servicios.	64
Figura. 20: Indicadores de salud por territorios.....	65

Tabla 1: Métodos utilizados por diferentes autores.	21
Tabla 2: Criterios de calidad asociados a la usabilidad en metodologías ágiles.	27
Tabla 3: Atributos de usabilidad en herramientas de evaluación.	28
Tabla 4: Consenso de atributos de usabilidad entre distintos autores.	31
Tabla 5: Atributos de usabilidad para SIG.	33
Tabla 6: Métricas de usabilidad para SIG.	40
Tabla 7: Acciones correctivas por fase.	42
Tabla 8: Historia de usuario: Gestionar sistemas.	47
Tabla 9: Historia de usuario: Gestionar fases.	48
Tabla 10: Estimación de esfuerzos por Historia de Usuario.	48
Tabla 11: Plan de duración de las iteraciones.	49
Tabla 12: Funcionalidades por módulos.	49
Tabla 13: Plan de duración de entrega.	50
Tabla 14: Tarjeta CRC para la clase Sistema.	50
Tabla 15: Tarjeta CRC para la clase Fase.	50
Tabla 16: Historia de usuario Registrar persona.	72
Tabla 17: Historia de usuario Autenticar usuario.	72
Tabla 18: Historia de usuario Gestionar atributos.	73
Tabla 19: Historia de usuario Gestionar medida.	73
Tabla 20: Historia de usuario Gestionar resultados.	74
Tabla 21: Tarjeta CRC para la clase Atributo.	74
Tabla 22: Tarjeta CRC para la clase Medida.	74
Tabla 23: Tarjeta CRC para la clase Resultado.	75

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) están diseñados para capturar, almacenar, actualizar, manejar, analizar y desplegar información geográficamente referenciada. Su principal objetivo es apoyar la toma de decisiones en la solución de problemas relacionados con el espacio geográfico. “Los SIG pueden ser considerados un conjunto organizado de hardware, software, datos y técnicas eficientemente diseñadas para la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, visualización y análisis de información geográfica” (Triviño Perez, y otros, 2001). Estos en la actualidad han ganado mucha popularidad y su aplicación en diferentes áreas crece cada día. A pesar de los esfuerzos todavía son muy complejos de utilizar sobre todo si no se tiene formación en el área. En muchas ocasiones se hace complejo compartir los mapas y la información geográfica para que los interesados puedan consultarla, realizar análisis y mostrar los resultados de sus trabajos. La información geográfica juega un papel fundamental en la sociedad y el interés de los usuarios por ella aumenta en gran manera. Sin embargo, aún resulta complejo encontrar contenidos geográficos que sean relevantes y fáciles de adquirir, pese a los esfuerzos realizados. Estos sistemas podrían mejorar su uso si se realizara una adecuada evaluación de usabilidad en el proceso de desarrollo de los mismos.

La usabilidad según el estándar ISO¹ 9241 se define como “el grado en el que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso” (Ferré Grau). También puede definirse como un concepto que se refiere a la rapidez y facilidad con que nuestros usuarios pueden hacer uso de los sistemas e interfaces, basado en tres pilares fundamentales efectividad, eficiencia y satisfacción en la que ellos pueden conseguir sus objetivos en un contexto de uso específico. La usabilidad en los SIG es un tema sobre el cual se trabaja pero todavía hay mucho camino por andar. La creciente demanda por parte de los usuarios ha propiciado que la usabilidad sea un elemento de vital importancia en el desarrollo de software. Generalmente la usabilidad se presenta como un atributo de calidad al que no siempre se le presta la atención necesaria, y su evaluación es tratada como un sistema informático más sin tener en cuenta sus particularidades y complejidades, lo que provoca que muchos sistemas en los que se ha invertido muchos recursos para su desarrollo, terminen sin utilizarse.

¹ “Organización Internacional de Normalización” (“**International Organization for Standardization**”).

Grandes empresas del mundo de la informática como Microsoft², Sun Microsystems³, IBM⁴ y Oracle⁵ apuestan por el aumento de la usabilidad de sus productos como vía para aumentar la competitividad en el mercado y la aceptación por parte de los usuarios.

Por otra parte el desarrollo tecnológico que se ha alcanzado permite a los desarrolladores obtener un prototipo de SIG en muy poco tiempo, pudiendo dedicar más tiempo al intercambio con los usuarios finales, sin embargo en pocos casos esto sucede. En el futuro se dedicaran más esfuerzos al aumento de la usabilidad en los SIG que al desarrollo de las funcionalidades. La integración del diseño centrado en el usuario en el desarrollo del software es necesaria para comenzar a mejorar de forma sustantiva la usabilidad de las aplicaciones. Uno de los principales conceptos a tener en cuenta para comprender estos sistemas es la cartografía, "la cual es la rama del grafismo que se ocupa de los métodos e instrumentos utilizados para exponer y expresar ideas, formas y relaciones en un espacio bidimensional o tridimensional" (Fallas, 2003). La usabilidad en la cartografía digital está relacionada con las posibilidades y facilidades de uso que brindan los mapas a los usuarios. Un mapa es considerado "la representación gráfica de una escala reducida a una porción de la superficie terrestre que muestra sólo algunos rasgos o atributos de la realidad" (Fallas, 2003), que permite la realización de análisis e interpretación de los datos asociados a un lugar y se convierte en una herramienta muy versátil para el estudio económico y social de las regiones. La usabilidad en un mapa consiste en la facilidad con que los usuarios pueden interactuar con él. Con frecuencia se comete el error de olvidar la usabilidad en el proceso de creación de mapas y en la evaluación de la calidad de la cartografía.

Durante el desarrollo de un SIG se debe prestar especial atención a los aspectos de visualización e interacción, elementos que se relacionan de forma directa con lo que los usuarios quieren: que sean agradables, prácticas, entretenidas y fáciles de utilizar, sintiéndose satisfechos por poder avanzar de una manera más rápida o personalizada, siendo estos, elementos claves de la usabilidad.

² Empresa multinacional de origen estadounidense, dedicada al sector del software y el hardware, tiene su sede en Redmond, Washington, Estados Unidos.

³ Fue una empresa informática que se dedicaba a vender estaciones de trabajo, servidores, componentes informáticos, software y servicios informáticos.

⁴ International Business Machines Corp. (IBM): es una empresa multinacional estadounidense de tecnología y consultoría. IBM fabrica y comercializa hardware y software para computadoras

⁵ Es una de las mayores compañías de software del mundo. Sus productos van desde bases de datos hasta sistemas de gestión.

El proceso constructivo del conocimiento geográfico se beneficia con mayor usabilidad de los productos que se creen en este campo. Es por todo esto de vital importancia garantizar la evaluación de la usabilidad en todo el proceso de desarrollo de los SIG, ya que las mayores necesidades se encuentran junto a los usuarios finales, por tanto la óptica del desarrollo debe estar basada en los beneficios de aquellos que van a interactuar con estos sistemas.

Por las razones anteriormente expuestas se plantea como **problema a resolver**: ¿Cómo evaluar la usabilidad en cada fase del proceso de desarrollo de Sistemas de Información Geográfica de manera que contribuya al aumento de la facilidad de uso y aceptación del producto final?

Se define como **objeto de estudio**: Proceso de desarrollo de Sistemas de Información Geográfica, enmarcándose en el **campo de acción**: Evaluación de la usabilidad en los SIG. Se plantea como **objetivo general**: Diseñar un procedimiento para la evaluación de la usabilidad en cada fase del proceso de desarrollo de Sistemas de Información Geográfica de manera que contribuya al aumento de la facilidad de uso y aceptación del producto final. Desglosándose en los siguientes **objetivos específicos**:

1. Caracterizar las técnicas y métodos de evaluación de la usabilidad, para su incorporación en la propuesta de solución.
2. Diseñar un procedimiento para la evaluación de la usabilidad en SIG.
3. Desarrollar una solución informática para el registro de la información derivada de la aplicación de la propuesta que pueda ser utilizada posteriormente en la toma de decisiones en otros proyectos.
4. Aplicar el procedimiento en el desarrollo de un SIG y valorar los resultados.
5. Verificar la solución informática propuesta aplicando diferentes pruebas y métricas.

Para llevar a cabo la presente investigación fue necesario trazar las siguientes **tareas de la investigación**:

1. Caracterización de las técnicas de evaluación de la usabilidad.
2. Caracterización de los métodos para el aseguramiento de la usabilidad.
3. Caracterización de los atributos básicos de usabilidad.
4. Caracterización de las fases del proceso de desarrollo de SIG y determinación por cada fase los atributos básicos de usabilidad.
5. Obtención de métricas para la evaluación de cada atributo básico por fase.
6. Determinación de la información a relevante por cada fase y atributo básico.
7. Obtención de los requisitos de software.
8. Implementación del sistema informático.
9. Aplicación de pruebas de calidad de software a la solución informática.
10. Valoración de la propuesta metodológica.

Por lo que se plantea como **idea a defender**: Si se diseña un procedimiento para la evaluación de la usabilidad en cada fase del proceso de desarrollo de Sistemas de Información Geográfica entonces aumentará la facilidad de uso y aceptación del producto final.

En el desarrollo del presente trabajo de investigación fueron utilizados los **métodos científicos** siguientes:

Analítico–Sintético: Permitió realizar un análisis de las técnicas y métodos que existen para el proceso evaluación de la usabilidad.

Histórico-Lógico: Permitió realizar un estudio para determinar las tendencias actuales de la usabilidad en metodologías, normas y productos informáticos.

Hipotético-Deductivo: Permitió realizar el estudio de la norma encargada del proceso de evaluación, y así tomarla como punto de partida para la elaboración del procedimiento.

Entrevista: Permitió obtener información referente a la usabilidad en los proyectos de centros que desarrollen SIG.

Observación: Permitió observar cómo se comportó la aplicación del procedimiento propuesto.

El documento se encuentra estructurado por tres capítulos, los cuales abarcan los aspectos esenciales relacionados con el contenido de la investigación:

Capítulo 1: Fundamentación Teórica.

Muestra la fundamentación teórica de la investigación, donde se abordarán los principales conceptos acerca del tema, presentando una revisión del estado del arte de la usabilidad, atributos, técnicas y métodos de evaluación y otros conceptos en relación con los Sistemas de Información Geográfica.

Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de la usabilidad en los Sistemas de Información Geográfica.

Muestra el procedimiento para la evaluación de la usabilidad en cada fase del proceso de desarrollo de Sistemas de Información Geográfica, las funcionalidades y propiedades del sistema, así como las tecnologías a utilizar para el desarrollo.

Capítulo 3: Valoración de los resultados.

Muestra los resultados de las pruebas realizadas una vez concluida la implementación del sistema informático, la valoración por parte de expertos acerca del procedimiento y los resultados de aplicar la propuesta de solución a algunos ejemplares de SIG.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

En el presente capítulo se exponen los fundamentos teóricos que sustentan la investigación. Se definen los conceptos asociados al tema y los antecedentes del mismo a partir de trabajos realizados por otros autores, y otros conceptos asociados con los Sistemas de Información Geográfica.

1.1 Sistemas de Información Geográfica.

Según Burrough (1988), define a estos sistemas como un grupo de herramientas que permiten recopilar, almacenar, recuperar, transformar datos espaciales del mundo real para propósitos específicos (Ayuga Tellez, 2008). Es decir, son sistemas que permiten el manejo de información geográfica y realizar operaciones sobre la misma con objetivos concretos, según sea el caso.

Por otra parte Ranoff (1989) considera que un SIG es un sistema informático que facilita operaciones para el manejo de datos georreferenciados, que permite cuatro grupos de operaciones para manejar datos georreferenciados: entrada, almacenamiento y recuperación, manipulación y análisis, y salida (Ayuga Tellez, 2008).

También es concebido por un “Conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar y transferir datos especialmente referidos a la Tierra ” (Serón N).

Según sea la tarea a realizar con estos sistemas, aunque no se tenga la idea correcta de lo que son y que se puede hacer con ellos, es claro que son productos complejos y que se invierte en ellos muchos recursos económicos, tecnológicos y humanos.

Según (Triviño Pérez & Morad, 2001), puede ser considerado un conjunto organizado de hardware, software, datos y técnicas eficientemente diseñadas para la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, visualización y análisis de información geográficamente referenciada.

El autor (Olaya, 2011), aborda que la mayoría de la información con la que se trabaja, se encuentra geográficamente georreferenciada, esto significa que se trata de información a la cual puede asignarse una porción geográfica. Como concepto en palabras claras, un SIG, es una herramienta que trabaja con este tipo de información. Un tipo de sistema como este, permite generar mapas, informes y gráficos, como una de las actividades principales de las muchas que realiza.

1.2 Principales componentes de los Sistemas de Información Geográfica.



Figura. 1: Componentes SIG.

Muchas organizaciones en el mundo se han integrado al desarrollo de Sistemas de Información Geográfica, oficinas estatales, compañías petroleras, firmas de mercadeo, compañías de transporte entre otras, y su principal objetivo es alcanzar la eficiencia y la productividad, es por ello la necesidad de comprender que se necesita para la implementación de los mismos (Geoespaciales).

Los principales componentes de los SIG son: los recursos humanos, la tecnología, los datos, la información y los procedimientos, (Ver figura 1: Componentes SIG).

Recursos Humanos: las personas son las encargadas de la conceptualización, diseño e implementación de los SIG, incluyendo a usuarios internos que no son más que los especialistas y profesionales interdisciplinarios, que hacen el Sistema de Información Geográfica. Desde los encargados del sistemas, administradores de base de datos, analistas de sistemas, programadores hasta los responsables del mantenimiento de las bases de datos y ayuda técnica. Y los usuarios externos, que son los profesionales y organizaciones que requieren de esa información almacenada y creada por los SIG, con el fin de aplicarlas a sus necesidades.

Tecnología: para la implantación de estos sistemas, se necesita el hardware necesario que lo soporte, desde las Unidad de Proceso Central (CPU), hasta los dispositivos de almacenamiento, dispositivos de entrada y salida.

Datos: son un conjunto de señales o signos con un sentido en particular. Son la materia prima que utilizan los SIG para el análisis de los datos espaciales y así simular el comportamiento de fenómenos del mundo real. Estos datos pueden ser:

- Numéricos.
- Alfanuméricos: letras y números, tablas.
- Gráficos: mapas, fotografías, etc.
- Geográficos: están orientados espacialmente.

Información: es un dato que ha sido manipulado y que es de utilidad para alguna persona. Un dato geoespacial, hace referencia a un espacio geográfico, y se conoce como sistema de coordenadas.

Procedimientos: estos se refieren a la manera en que los datos serán almacenados, ingresados al sistema, analizados y finalmente presentados al usuario.

Finalmente para esta investigación, se puede decir que los sistemas de información geográfica están compuestos por un grupo interdisciplinario de personas, con disímiles habilidades y conocimiento, que hacen posibles la realización de estos sistemas para que usuarios que requieran de este tipo de información satisfagan sus necesidades. Estos a través de procedimientos convierten datos en información para que pueda ser de utilizada, con la tecnología que soporte estos productos informáticos. Por lo tanto, estos sistemas son de gran importancia para la sociedad, favoreciendo la toma de decisiones en determinadas áreas y si se descuida la calidad de los mismos, implicaría consecuencias desagradables como pérdida de recursos económicos y sobre todo un sistema que no se use.

1.3 Fases de desarrollo de Sistemas de Información Geográfica.

Según (Barbero, 2008), un proyecto que involucre SIG, consta de las siguientes fases:

- Adquisición de datos.
- Preprocesamiento.
- Manejo de datos.
- Manipulación y análisis.
- Generación del producto.

La etapa de **adquisición de datos** consiste en identificar y obtener los datos necesarios para la aplicación. Estos datos pueden provenir de distintas fuentes, por ejemplo: fotos, planos, mapas.

En la etapa de **preprocesamiento** los datos de la etapa anterior son convertidos o adaptados a los efectos de poder ser interpretados en un SIG.

En la etapa de **manejo de datos** se realizan funciones para la creación y el acceso a las bases de datos de los SIG.

En la etapa de **manipulación y análisis** se realizan funciones que trabajan con los datos para obtener nueva información. Por ejemplo, podemos marcar una región y consultar la altura promedio en ese terreno o los puntos cuya pendiente supere los 45 grados.

La **generación del producto** es la fase que consta de los resultados finales de un SIG. Estos resultados pueden ser gráficos de barras, mapas marcando zonas con determinadas características requeridas por el usuario, un valor numérico que indique la altura media del terreno, etc.

1.4 Usabilidad.

La usabilidad ha sido contemplada por distintos autores desde diferentes puntos de vistas, a continuación se presentan algunas definiciones.

1.4.1 Definiciones de usabilidad.

CMMI define usabilidad como: atributo de calidad no funcional que tiene una gran influencia en el desarrollo de sistemas informáticos (CMMI).

La IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology⁶ define usabilidad como: facilidad de uso, facilidad con la que un usuario puede aprender a operar e interpretar los resultados de un sistema o componente (IEEE, 1990).

La norma ISO 9241 define usabilidad como: “el grado en el que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso” (Ferré Grau).

La norma ISO 9126 define usabilidad como: la capacidad del producto software de ser aprendido, usado y atractivo para el usuario, cuando se utiliza en condiciones específicas. (ISO /IEC 9126-1, 2000)

Los autores Sommerville y Pressman tratan a la usabilidad como un atributo de calidad de software (PRESSMAN, 1998) (Sommerville, 2005).

Debido a que varios autores, modelos y metodologías se han referido a la calidad de un producto como un todo donde los términos de eficiencia, eficacia, confiabilidad, facilidad de uso, operabilidad, usabilidad y otros han sido parte de su entorno, es necesario la creación de un concepto de usabilidad para este trabajo que contemple atributos que aunque pertenecen a la calidad de un producto influyen directamente en la usabilidad. Por lo que se plantea el siguiente concepto de usabilidad para SIG.

1.4.2 Concepto de usabilidad para esta investigación.

Usabilidad: confiabilidad, aspectos estéticos, facilidad de aprendizaje, facilidad de recordar, simplicidad, utilidad correspondencia que influyen directamente en el desarrollo de sistemas informáticos, donde se pueden conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso, que hacen que un producto pueda ser usado y aceptado por los usuarios finales.

⁶ Glosario de Terminología Estándar de Ingeniería de Software.

1.5 El proceso de evaluación de software.

Según (PRESSMAN, 1998) se define el concepto de proceso como una serie de pasos predecibles, una guía que ayude a obtener el resultado oportuno de calidad. El autor refleja la necesidad de que los procesos se adapten a las necesidades que existan, y se debe tener en cuenta a qué tipo de software va dirigido el proceso, pues no todos tienen las mismas características.

Por lo tanto un proceso de evaluación, va a contemplar una serie de pasos a tener en cuenta en la evaluación de un producto de software, los objetivos de evaluación deben ser claros y precisos. Estos pasos pueden ser llevados a cabo a partir de procedimientos que van a establecer el cómo se van a realizar, y así poder verificar que la calidad de un sistema cumple o no con las normas establecidas.

1.5.1 Estándar ISO 14598-5 Proceso para evaluadores.

La norma ISO/IEC⁷ 14598, refleja las diferentes pautas a tener en cuenta para realizar un proceso de evaluación, teniendo en consideración los posibles actores, ya sean desarrolladores, compradores y evaluadores. Define una serie de etapas que se deben realizar en el proceso de evaluación de software. Para cada una de las etapas se indican las actividades que se debe realizar, todo con el fin de que el proceso de evaluación se realice de forma adecuada. Esta norma constituye una guía que brinda los fundamentos para llevar a cabo la evaluación, la cual va a depender del objetivo de que se establezca.

Según la norma (ISO /IEC 14598-5, 1998), indica las siguientes etapas para el proceso de evaluación: (Ver figura 2: Fases del proceso de evaluación de software según la norma ISO/IEC 14598).



Figura. 2: Fases del proceso de evaluación de software según la norma ISO/IEC 14598.

1- Establecer requisitos de evaluación: Se debe establecer primero el propósito de la evaluación identificando el tipo de producto que será evaluado, además de especificar el Modelo de Calidad con sus respectivas características.

2- Especificar evaluación: Conociendo el producto a evaluar y los requerimientos suministrados por el solicitante, se seleccionan métricas que estén relacionadas con las características del modelo de

⁷ Comisión Electrotécnica Internacional): es la organización líder a nivel mundial encargada de preparar y publicar Normas Internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines.

calidad. Después se establece la escala de medición que será aplicada para medir las métricas y los criterios de evaluación.

3- Diseñar evaluación: Se diseña un plan de acción teniendo en cuenta todo lo anterior, describiendo los procedimientos de medición de la calidad y definiendo los recursos necesarios (humanos, materiales, etc.).

4- Ejecutar evaluación: Radica en la realización de las mediciones establecidas en el plan, se debe llevar un registro detallado de todas las acciones ejecutadas con sus resultados para incluirlas en el reporte final de la evaluación.

5- Conclusión de la evaluación: Por último el evaluador realiza y entrega el reporte de la evaluación del producto.

1.6 La evaluación de la usabilidad.

La evaluación de la usabilidad abarca desde una serie de métodos y técnicas de evaluación hasta un conjunto de metodologías, que van a ayudar a medir la forma en que los usuarios interactúan con las aplicaciones informáticas. Su realización va a permitir que se creen mejores productos y que estos sean más fáciles de usar por los usuarios.

Según la autora (Benítez Acosta, abril 2007), la usabilidad se presenta como un aspecto dirigido a los usuarios, en cómo debe ser ideada con respecto a ellos y su percepción.

¿Por qué es importante evaluar?

Aunque existen guías y procedimientos de cómo hacer el producto de software usable, no es suficiente. En ocasiones se comete el error de no tener en cuenta a quienes van dirigido lo que se hace. Es por ello que la evaluación es una etapa muy importante en el proceso de diseño centrado en el usuario, permitiendo capturar datos a partir de las tareas que los usuarios realizan en un contexto determinado y así poder verificar en qué grado el sistema cumple con sus expectativas.

Los resultados de la evaluación, deben estar dirigidos a la adaptación del sistema a las necesidades del usuario que lo utiliza.

1.7 Métodos de evaluación de usabilidad.

El Autor (Pérez Dima, 2011) en su tesis, plantea que un método de evaluación de usabilidad es un procedimiento sistemático para grabar datos relacionados con la interacción del usuario final con un producto software o sistema. Los datos recolectados son analizados y evaluados para determinar la Usabilidad del producto.

Existen varios métodos con varias técnicas para evaluar la usabilidad, los cuales pueden ser evaluados en dos entornos:

El laboratorio: Permite al evaluador comprobar aspectos sin la necesidad de la ayuda del usuario y que se requiera de un laboratorio para que participen otros usuarios para realizar estudios de usabilidad; se cuenta con equipos de alta tecnología.

El entorno natural: Es un entorno en el cual los usuarios pueden intercambiar entre sí, pero tiene como desventaja que el trabajo en entorno ruidoso puede dificultar la observación, sobre todo alargar el tiempo de duración de la prueba.

La selección de un método u otro depende de múltiples factores, dado que algunos de estos métodos requieren de recursos, como un completo laboratorio de usabilidad con espacios independientes para el desarrollo de las pruebas y tecnología específica.

Para la selección del método se realizó una recopilación de métodos utilizados por diferentes autores, los cuales se presentan en la Tabla 1: (Ver tabla 1: Métodos utilizados por diferentes autores.):

Tabla 1: Métodos utilizados por diferentes autores.

Métodos	Autores					
	Wixon y Wilson	Nielsen y Molich	Baecker	Scriven	Coutaz y Balbo	Hix y Hartson
E. formal	X	X				
E. Automática		X				
E. Empírica	X	X		X		X
E. Heurística	X	X	X	X	X	
E. Descubrimiento	X					
E. Completa	X					
E. Observacional	X		X			
E. Investigación	X	X	X			X
E. Experimental	X		X		X	
E. Usuarios comprometidos	X					

E. Cooperativa			X			
E. Sumativa				X		
E. Analítica					X	X
E. Inspecciones		X	X	X		X

Luego de realizado este estudio podemos arribar a la conclusión de que los métodos de inspección, investigación, empíricos y las heurísticas son los más considerados por los diferentes autores, sin embargo, están enfocados a evaluar solo ciertos aspectos de usabilidad, de ahí la necesidad de combinarlos en la evaluación para que se complementen entre sí, en dependencia en qué etapa se esté evaluando y el costo de utilizarlos.

Evaluación por Inspección: El objetivo de este método es verificar que la interfaz de usuario en evaluación esté de acuerdo con los patrones establecidos en los estándares industriales, tarea realizada por un experto en usabilidad con amplios conocimientos de los estándares relativos a interfaces de usuarios (Nielsen, 1994).

Evaluación por investigación: Empleada para conocer las opiniones de los usuarios o para entender sus preferencias sobre un producto potencial o uno existente a través de cuestionarios y entrevistas (Nielsen, 1994).

Evaluación empírica: Realizada mediante experimentos con pruebas de usuario, con el objetivo de lograr una completa evaluación de usuario. Actualmente la mayoría de situaciones prácticas no conducen a evaluaciones empíricas por falta de tiempo, especialización, inclinación, o simplemente por tradición (Nielsen, 1994).

Evaluación por Heurística: Es la técnica más utilizada y conocida dentro del contexto de evaluación de usabilidad. Método desarrollado por *Nielsen*, que tiene como objetivo encontrar problemas de usabilidad en el diseño de la interfaz de usuario para que estos puedan ser subsanados en el proceso de diseño iterativo. Se revisa la conformidad de la interfaz con respecto a una serie de reglas (heurísticas) previamente determinadas mediante la inspección de varios evaluadores expertos (Nielsen, 1994).

1.8 Técnicas de evaluación de usabilidad.

Las técnicas de evaluación, van a definir un conjunto de actividades para la evaluación. Los métodos de evaluación en su mayoría se apoyan en el uso de técnicas que ayudan a la recolección de información y la detección de problemas. El autor(a), (Pérez Dima, 2011) en su tesis de grado, aborda acerca de algunas técnicas de evaluación a tener en cuenta, las predictivas y descriptivas según (Gediga, y otros, 1999).

1.8.1 Técnicas de evaluación descriptivas.

Son usadas para describir el estado y los problemas actuales del software en una manera objetiva, confiable y válida. Estas técnicas están basadas en el usuario y pueden ser subdivididas en varias aproximaciones:

Técnicas de evaluación basada en la conducta: Graba la conducta del usuario mientras está trabajando con un sistema, que produce alguna clase de datos. Estos procedimientos incluyen técnicas de observación y el protocolo pensando en voz alta.

Técnicas de evaluación basada en la opinión: Apuntan a sacar opiniones (subjetivas) del usuario.

Ejemplos: entrevistas, encuestas y cuestionarios.

Pruebas de Usabilidad: Proviene de estudios de diseño experimental clásico. Actualmente, las pruebas de Usabilidad (como un término técnico) son entendidas como una combinación de medidas basadas en la opinión y la conducta con alguna cantidad de control experimental, normalmente seleccionado por un experto.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que las técnicas descriptivas requieren alguna clase de prototipo y al menos un usuario. Además los datos recogidos por esta técnica necesitan alguna interpretación por uno o más expertos para resultar como recomendación en el futuro desarrollo del software.

1.8.2 Técnicas de evaluación predictivas.

Estas técnicas van a permitir hacer recomendaciones para un futuro desarrollo de software, y para la prevención de errores de usabilidad. Están basadas en expertos o especialistas, los expertos simulan a usuarios reales, y en ocasiones incluyen a usuarios en la evaluación. Además permiten la evaluación de la interfaz de usuario en la etapa de diseño, antes de que tenga lugar una costosa implementación. Por otro lado, los datos específicos de un modelo predictivo pueden incrementar el tiempo de desarrollo total del producto.

Grupo de Enfoque: Según (Pérez Dima, 2011), es utilizada para ayudar a valorar las necesidades y sentimientos del usuario antes del diseño de la interfaz y después de la implementación (Nielsen, 1997). Mediante esta técnica es posible obtener ideas y reacciones espontáneas del usuario y observar mediante la dinámica de grupo problemas organizacionales, ya que los integrantes de un grupo de enfoque han de ser usuarios representativos del producto sometido a estudio y, por tanto, integrantes de un contexto.

Co-descubrimiento: Técnica llamada como aprendizaje de iteración constructiva, en ella dos usuarios trabajan juntos para realizar una tarea. Esta permite evaluar la usabilidad en el diseño, desarrollo del prototipo y uso final. Se pide a los participantes ejecutar las tareas y explicar en voz alta que es lo que ellos piensan de sus acciones. Esta técnica puede ser utilizada durante cualquier fase del proceso de desarrollo (Pérez Dima, 2011). Además de estas técnicas, se pueden aplicar cuestionarios, entrevistas, encuestas en las distintas etapas de desarrollo de software.

A partir de lo expresado por los autores, se puede decir que existen varias técnicas que ayudan a evaluar la usabilidad, el uso de ella va a depender de lo que se desea evaluar, en qué contexto son más adecuadas unas que otras y por supuesto se pueden combinar para complementarse y hacer una mejor recopilación de datos.

1.9 Evaluación de la usabilidad.

La evaluación de la usabilidad es una de las tareas más importantes que deben emprenderse cuando se está desarrollando un sistema, sin embargo cuando no lleva a cabo algún tipo de evaluación, es imposible saber si el sistema satisface las necesidades de los usuarios y si encaja adecuadamente en el contexto físico, social y organizacional en el que va a ser usado. A continuación se muestra como ha sido tratada en los diferentes productos informáticos.

1.9.1 La usabilidad en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA).

Los autores (Días Gutierrez, y otros, 2013), en su trabajo abordan acerca de la usabilidad en los entornos virtuales de aprendizaje, dejando evidenciada la necesidad de tener en cuentas los aspectos de la misma en estos productos informáticos.

La usabilidad al ser evaluada, “afrenta dificultades, como el desconocimiento de los atributos a evaluar, las características de los usuarios y objetivo del producto evaluado; en el caso de entornos virtuales de aprendizaje, deben permitir el desarrollo de procesos de incorporación de habilidades y saberes teniendo en cuenta que sus usuarios tienen distintos grados de conocimiento, edades e intereses, pertenecen a múltiples disciplinas y acceden desde distintos dispositivos” (Días Gutierrez, y otros, 2013).

Teniendo en cuenta este criterio emitido, los autores enfatizan en que en la actualidad existen varios factores a tener en cuenta en el ámbito de la usabilidad, sin embargo no existe un consenso en los mismos para los EVA, teniendo en cuenta que cada proyecto informático tiene características propias que lo hacen diferente a otros, hacia qué público van dirigidos y el descuido de estos elementos hacen que los usuarios tengan que adaptarse a las aplicaciones en vez de que las aplicaciones satisfagan las necesidades del usuario que la utiliza.

Para llegar a la propuesta de solución se evidencian los pasos que se llevaron a cabo por los autores.

- 1- Estudios de normas, modelos, estándares que permiten establecer criterios de usabilidad para medir la calidad en aplicaciones web.
- 2- Determinar las características esenciales de los EVA para determinar los factores de usabilidad a evaluar.
- 3- Propuesta de métricas para medir y evaluar las características de usabilidad.

En este trabajo se establecen criterios de usabilidad para EVA, pero sigue siendo objeto de análisis la usabilidad para otro tipo de sistemas informáticos con otras características, como son los sistemas de información geográfica. Sin embargo muestra un procedimiento de cómo llegar a establecer este tipo de criterios teniendo en cuenta que es necesario saber quiénes son los usuarios involucrados y las características propias del sistema que se desea construir. Más adelante se muestra una tabla (Ver tabla 4: Consenso de atributos de usabilidad entre distintos autores), en la cual se tienen en cuenta los atributos de usabilidad tratados por los autores en el estudio realizado, los cuales serán analizados para una posterior etapa de este trabajo.

1.9.2 La usabilidad en los Atlas Digitales.

Según (CuCuta, 2014), es de gran importancia tener a los usuarios finales involucrados en el desarrollo de un atlas digital, y es significativo para quienes van dirigidos los productos informáticos que se desarrollan. En este caso el autor aclara que usarán los atlas digitales, desde niños hasta adultos con un grado de educación y acceso a herramientas de tecnología computacional y cierto conocimiento con el uso de las Tics.

El autor refleja en su trabajo que la usabilidad más que un atributo al que se le debe prestar una especial atención, está ligada a los usuarios que van a usar el sistema informático, sus necesidades y al contexto de uso.

Se plantean los siguientes atributos de usabilidad:

- 1- **Facilidad de aprendizaje:** ¿Cuán fácil es aprender la funcionalidad básica del sistema?
- 2- **Eficiencia:** número de transacciones por unidad de tiempo que el usuario puede realizar usando el sistema.
- 3- **Recuerdo en el tiempo:** Capacidad de usar el sistema sin tener que aprender desde cero.
- 4- **Tasa de errores:** Cantidad de errores que el usuario comete mientras realiza una determinada tarea.
- 5- **Satisfacción:** Muestra la impresión que el usuario tiene del sistema.

Estos atributos son los propuestos por Jakob Nielsen⁸ y que el autor (CuCuta, 2014) los tiene en cuenta para medir la usabilidad en el Atlas Digital. Hay que señalar que la preferencia o enfoque en uno de estos puede ocasionar resultados no exactos que afectan el indicador usabilidad en el sistema, como por ejemplo lo son la facilidad de aprendizaje y la eficiencia.

1.9.3 La usabilidad en Metodologías de Desarrollo Ágil.

Según (Mori, 2010) se tienen los siguientes criterios de calidad.

Calidad: Con este criterio se busca analizar si las metodologías en estudio contemplan ciertos parámetros de calidad en su enunciado metodológico. Dentro de los parámetros a considerar en el análisis tenemos:

Fiabilidad: La cual viene determinada por los siguientes atributos:

- Simplicidad de los diseños, en la implementación y en el desarrollo del software en general.
- Trazabilidad, entre los artefactos producidos en las distintas etapas del ciclo de vida del software.

Usabilidad: El parámetro viene determinado por los siguientes atributos:

- Claridad y precisión de la documentación.
- Habilidades que mejoren las pruebas del software.

Mantenibilidad: El parámetro viene determinado por los siguientes atributos:

- Modularidad, esto ayuda a crear una documentación más fácil de entender.
- Simplicidad, si la metodología promueve que los sistemas desarrollados bajo su enfoque sean simples al momento de mantenerse.

Adaptabilidad:

- Portabilidad, si bajo su enfoque promueve que el software producido pueda operar en distintos entornos.

Tabla comparativa de calidad en las metodologías ágiles, que informan, los criterios de calidad asociados a cada una de las metodologías en estudio:

⁸ Jakob Nielsen: es una de las personas más respetadas en el ámbito mundial sobre usabilidad en la web.

Tabla 2: Criterios de calidad asociados a la usabilidad en metodologías ágiles.

Metodología	Fiabilidad	Usabilidad	Mantenibilidad	Adaptabilidad
Programación Extrema (XP)	X	X		
Scrum	X	X		
Dynamic Systems Development Method (DSDM)	X	X	X	
Proceso Unificado Ágil (AUP)	X	X	X	
Agile Model Driven (AMDD)	X	X	X	
Feature Driven Development (FDD)	X	X		

En la actualidad el proceso de desarrollo de un SIG ha evolucionado posibilitando su ejecución en un menor tiempo con la guía de las metodologías ágiles. Las mismas ya tienen predefinidas las formas de evaluar la usabilidad, pero esto no satisface las peculiaridades de un SIG, porque no son evaluados con atributos, métodos y métricas que respondan a las características únicas que tienen los mismos.

1.9.4 Herramientas de evaluación de usabilidad.

Las técnicas de evaluación permiten recopilar datos en función del objetivo del método de evaluación seleccionado, la adaptación de estas técnicas a este objetivo se logra mediante herramientas que apoyen la medición.

Según (Alva Obeso, 2005), en su tesis doctoral, realiza un estudio de las diferentes herramientas que existen para la evaluación de la usabilidad. En la misma se refleja que las herramientas por si solas no contemplan todos los atributos necesarios para evaluar un sitio web, mostrando claramente ventajas y desventajas que posee cada una de éstas, así como los atributos evaluados en cada una de ellas, haciendo énfasis en aquellas que mayor cantidad de atributos evalúan.

Los Sistemas de Información Geográfica son sistemas que necesitan atributos específicos para su evaluación debido a sus complejidades. Este estudio realizado por (Alva Obeso, 2005) demuestra que estas herramientas no serán eficientes en la evaluación de este tipo de sistemas, ya que no contempla todos los atributos de usabilidad y sería muy costoso en recursos utilizar todas estas herramientas.

Tomando como referencia los atributos medidos por cada herramienta se muestra una tabla comparativa entre ellas.

Tabla 3: Atributos de usabilidad en herramientas de evaluación.

Atributos/Herramientas	WAMMI	ISOMETRIC	MUMS	PROKUS	QUIS	SUMI	DRUM	SMEQ	TLX
Consistencia					x	x			
Cuestiones demográficas	x								
Tolerancia al error		x		x	x				
Ayuda		x	x	x	x				
Flexible			x		x	x			
Confiabilidad			x		x	x			
Información		x	x	x	x	x			
Período productivo							x		
Eficacia relativa							x		
Frustración/motivación			x						x
Desempeño							x		x
Demanda temporal	x						x		x
Demanda física	x								x
Contenido			x		x				
Esfuerzo mental	x					x		x	x
Control	x	x	x	x	x			x	
Eficacia		x		x			x		
Facilidad de uso	x		x		x	x			
Facilidad de aprendizaje	x		x		x	x			
Velocidad de funcionamiento	x				x	x			
Eficiencia	x	x	x	x		x	x		
Adecuado/suficiente		x	x	x		x			
Inteligible					x	x			
Utilidad	x	x		x		x			

Partiendo de la tabla anterior, se obtiene la siguiente lista de atributos comunes o más utilizados por las distintas herramientas.

Afectividad, eficiencia, control, información, utilidad, suficiencia, facilidad de aprendizaje, facilidad de uso, esfuerzo mental y ayuda. Los cuales son analizados en la tabla 4 (Ver tabla 4: Consenso de atributos de usabilidad entre distintos autores), para su posterior inclusión en la propuesta de solución.

1.9.5 Metodologías de evaluación de usabilidad.

En el panorama de algunas metodologías de evaluación relacionados con la usabilidad, realizado por Elena, se expresa las grandes dificultades que traería la utilización de una de estas metodologías en la evaluación de la usabilidad de un Sitio Web, lo cual en este caso específico traería consecuencias de igual o mayor magnitud para los SIG, ya que estos tienen características únicas, las cuales deben ser tratadas de forma directa, para un buen manejo y control de las mismas.

Entre las de metodologías de evaluación mencionadas están:

- 1- Metodología de evaluación de usabilidad remota asistida por modelo. RemUSINE (RemoteUser Interfaz Evaluator).

Desventajas:

- No permite realizar un análisis de aspectos como facilidad de uso, aprendizaje, etc., o documentación que pudiera ayudar o dificultar el avance del usuario en el logro de la tarea.
- Está orientada a evaluar sólo la eficiencia del usuario, es decir la eficiencia con que el usuario utiliza el producto, siguiendo los pasos correctos. No evalúa la eficiencia del producto desde el punto de vista de facilitar su uso al usuario.
- El soporte a la evaluación consiguiendo información sobre la conducta de los usuarios está referida principalmente a determinar las acciones correctas, las incorrectas y las no utilizadas.
- Los casos de estudio utilizados en esta metodología son sitios y/o aplicaciones multimedia de orientación comercial.

- 2- Metodología para la evaluación de usabilidad distribuida en ambientes virtuales colaborativos.

Desventajas:

- El grupo de sujetos que participa no son típicos usuarios del producto final (generalmente son desarrolladores). Sus apreciaciones pueden ser útiles pero no para los estudios de usabilidad, es decir, sus apreciaciones estarán sesgadas por la experiencia en este tipo de tecnología y los resultados del estudio pueden no ser suficientes y requerir estudios adicionales.

- La evaluación está principalmente enfocada a evaluar la conducta humana dentro de los ambientes virtuales colaborativos, en términos de cuán presente se siente en el ambiente y en qué medida puede éste personalizarse a sus necesidades y requerimientos.

3- MiLE: Evaluación de la usabilidad de sitios Web automática.

Desventajas:

-La prueba empírica solo es usada para revisar los problemas encontrados por el evaluador el cual podría pasar por alto algunos problemas que quedarían sin ser analizados.

- Los costos de las pruebas de laboratorio implican un incremento sustancial en el costo de la evaluación.

4- MUPA-UOC Metodología de usabilidad para aplicaciones de la Universidad Oberta de Catalunya.

Desventajas:

- Las pruebas de usuario realizadas en laboratorio, pueden ocasionar sesgo en la información obtenida debido al evaluador, escenario artificial u otros aspectos.

- La utilización de un laboratorio de usabilidad convierte el proceso de evaluación en un proceso muy costoso.

- Limita la evaluación de la usabilidad a las aplicaciones que la universidad ha implementado.

Este estudio realizado da la medida de que las metodologías de evaluación de usabilidad existentes no pueden ser utilizadas para cualquier tipo de sistemas, por lo que es necesario que se realice un procedimiento o metodología para la evaluación de los SIG que permita que en el desarrollo de estos, puedan ser evaluados eficientemente, para lograr una gran aceptación del producto final.

1.10 Atributos de usabilidad definidos.

Después de una revisión bibliográfica, se evidencian pocos estudios relacionados con la usabilidad en Sistemas de Información Geográfica, y por la importancia que tienen estos, se realizó un estudio para identificar los principales atributos de usabilidad mencionados por distintos autores y normas de calidad como por ejemplo: (ISO /IEC 9126-1, 2000), tanto en Entornos Virtuales de aprendizajes (Días Gutierrez, y otros, 2013), en páginas web (Días Gutierrez, y otros, 2013), en atlas digitales (CuCuta, 2014), en modelos de calidad (Constanzo, 2014), como en herramientas de evaluación de usabilidad (Alva Obeso, 2005). Destacando que los autores ven los atributos de usabilidad desde varios puntos de vista, a continuación se presenta una selección de los atributos que se utilizarán para la propuesta de solución enfocada en los SIG.

Tabla 4: Consenso de atributos de usabilidad entre distintos autores.

Atributo	Autores, normas, modelos de calidad y herramientas de evaluación de usabilidad(HEU)									
	Diniz (2005)	ISO 9126	Córdoba (2007)	IEEE 1061	Modelo de Calidad para la Web	McCal 1977	FURPS 1987	CuCuta 2014	H E U	Consenso
Grado de Atracción	x	x	x					x		x
Accesibilidad	x		x							x
Capacidad de Aprendizaje		x	x	x				X	x	x
Comprensibilidad		x		x	x					x
Operabilidad		x		x		x				X
Nivel de Comunicación				x						
Mecanismos en Ayuda y Retroalimentación					x					
Aspectos de interfaces					x					
Aspectos estéticos y de estilos					x		x			X
Entrenamiento						x				
Comunicación						x				
Facilidad de uso	x						x	x	x	X
Factores Humanos							x			

Documentación/Información							x		x	
Eficiencia	x		x					x	x	x
Recuerdo en el tiempo					x			x		x
Tasa de Errores								x		
Satisfacción/Afectividad	x							x	x	x
Control									x	
Utilidad									x	
Esfuerzo Mental y Ayuda									x	
Suficiente/Conformidad									x	

Luego de realizado este estudio se llega a la conclusión, de que los atributos de usabilidad que han sido más tratados por los distintos autores son: grado de atracción, accesibilidad, capacidad de aprendizaje, facilidad de uso, eficiencia, recuerdo en el tiempo y satisfacción. Cada uno de estos atributos puede ser evaluado en cualquier tipo de sistemas, pero en el caso de los SIG, es necesario crear un enfoque a las peculiaridades de los mismos, por lo que a continuación se presenta una lista de atributos de usabilidad especialmente diseñados para SIG, teniendo como partida los atributos básicos de usabilidad que propone (Nielsen, 1993).

Tabla 5: Atributos de usabilidad para SIG.

Atributos básicos de usabilidad	Cómo se mide
Eficiencia	¿Qué tiempo demora en encontrar un elemento determinado o realizar una determinada operación?
Facilidad de aprendizaje	¿Requiere de mucho entrenamiento para utilizarlo? ¿Cuánto tiempo demoró en aprender a utilizarlo?
Aspectos estéticos y de estilos	¿Existe solapamiento, márgenes o huecos entre imágenes?
Recuerdo en el tiempo	¿Cuántas características del SIG recuerda después de haber pasado algún tiempo?
Confiabilidad	¿Lo que se muestra es real? ¿No le causo dudas lo que vio? ¿No le generó problemas?
Satisfacción	¿Cómo fue la experiencia emocional? ¿Es agradable? ¿Es interactivo?
Efectividad	¿Pudo el usuario encontrar el elemento que buscaba?
Utilidad	¿Para qué le sirve? ¿Las salidas fueron según lo que el usuario esperaba?
Simplicidad	¿Se presenta la información de forma simple? ¿Se entiende lo que se quiere transmitir? ¿Qué tan complejo es realizar una operación?
Correspondencia cartográfica	¿El mapa mostrado concuerda con los tipos de mapas existentes? ¿Las escalas Gráficas son reales?

1.11 Conclusiones del Capítulo.

Después de la revisión del estado del arte se puede concluir que las metodologías de evaluación de usabilidad existentes presentan limitaciones para aplicarla a los SIG, justificando la necesidad de diseñar un procedimiento o metodología para la evaluación de la usabilidad en su desarrollo y así lograr la aceptación del producto final.

Existen varias técnicas para evaluar la usabilidad y su uso depende del objetivo de la evaluación, el contexto de aplicación, además se pueden combinar para complementarse y hacer una mejor recopilación de datos.

Los atributos de usabilidad que más se han tratados en la literatura son: grado de atracción, accesibilidad, capacidad de aprendizaje, facilidad de uso, eficiencia, recuerdo en el tiempo y satisfacción. Cada uno de estos atributos puede ser evaluado en cualquier tipo de sistemas utilizando diferentes técnicas, pero en el caso de los SIG, es necesario tener en cuenta sus particularidades.

CAPÍTULO 2: PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE USABILIDAD PARA SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

En el capítulo se define el procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG. Además se definen las herramientas y tecnologías para el desarrollo de la solución informática que va a permitir registrar la información derivada de la aplicación del procedimiento.

2.1 Procedimiento de evaluación.

2.1.1 Nombre del procedimiento.

Evaluación de la Usabilidad para Sistemas de Información Geográfica durante el proceso de desarrollo de software.

2.1.2 Objetivo.

Establecer un conjunto de pasos para evaluar la usabilidad desde etapas tempranas de desarrollo de los SIG, lo cual va a permitir obtener un producto que satisfaga las necesidades de los clientes, entre las que se incluye facilidades de uso.

2.1.3 Alcance.

Puede aplicarse a cualquier sistema de información geográfico.

2.1.4 Referencias.

A partir del estudio realizado a la norma ISO/14598-5 en el Capítulo 1, epígrafe [1.5.1](#), se tomaron algunos puntos a tener en cuenta para construir este procedimiento.

Los atributos que serán medidos son los especificados en el Capítulo 1, epígrafe [1.9](#)

Las fases de desarrollo de SIG que se usarán en este procedimiento se encuentran en el Capítulo 1, epígrafe [1.3](#)

2.2 Descripción del procedimiento.

La siguiente figura muestra las fases: **adquisición de datos, preprocesamiento, manejo de datos, manipulación y análisis y generación del producto** y las actividades a tener en cuenta durante la evaluación por cada una de ellas.

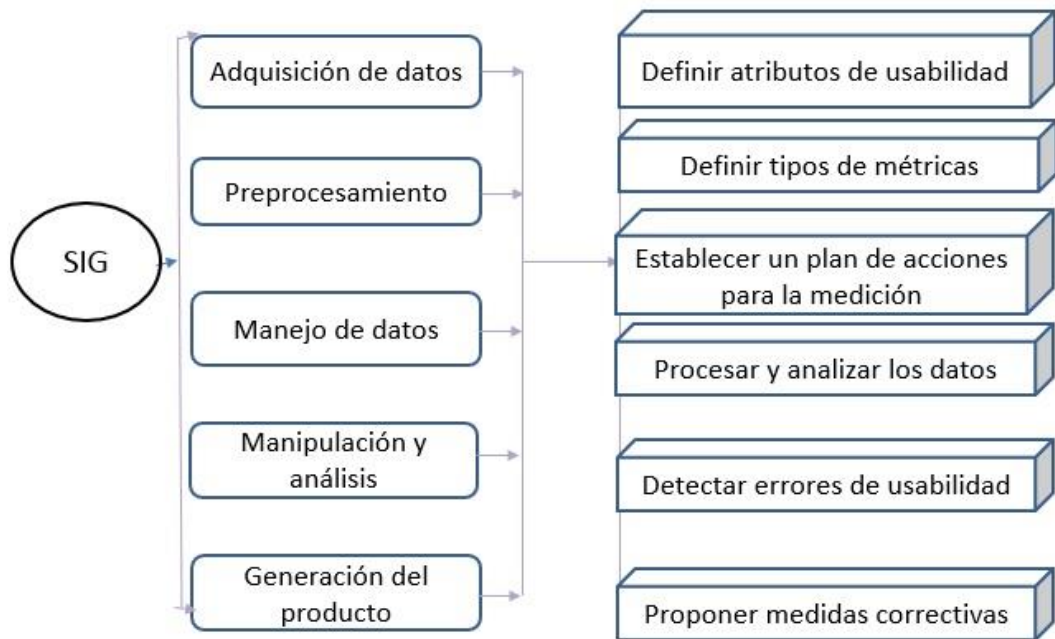


Figura. 3: Procedimiento para la Evaluación de la Usabilidad en SIG durante el proceso de desarrollo.

2.2.1 Definir atributos de usabilidad

Se dejan distribuidos los atributos de usabilidad a medir y a partir de qué factor(es). La siguiente figura muestra una propuesta de los atributos que pueden ser medidos por cada una de las fases.



Figura. 4: Distribución de atributos por fase.

Durante la fase de **adquisición de datos** es definida la cartografía a utilizar por el sistema, lo que muestra la importancia de escoger una cartografía con un contenido geográfico actualizado, ya que uno de los principales factores que hacen que los SIG dejen de utilizarse es la carencia de este tipo

Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG

de cartografías. Por lo tanto, se define como atributo de usabilidad para esta fase **confiabilidad** en cuanto a:

- ✓ Seguridad de la fuente.
- ✓ Actualidad de la cartografía.

La fase de **preprocesamiento**, tiene como salida principal la obtención de los mapas temáticos. Uno de los principales errores que se cometen en esta etapa es olvidar los elementos claves a tener en cuenta en los mapas, simbología y etiquetado, representación de los elementos gráficos, orden de las capas, etc., lo que puede provocar que el mapa pierda su función de orientación para quienes lo utilizan. Por lo tanto se definen como atributos de usabilidad para esta fase **aspectos estéticos y de estilo y simplicidad** en cuanto a:

- ✓ Elementos claves para construir mapas temáticos.
- ✓ Capacidad del mapa de ser entendido por el usuario.

Durante las fases de **manejo de datos y manipulación y análisis**, los usuarios podrán realizar sus tareas en el sistema. Por lo tanto pueden definirse los siguientes atributos de usabilidad.

Efectividad en cuanto a:

- ✓ Capacidad que posee el sistema para lograr los objetivos de los usuarios.

Simplicidad en cuanto a:

- ✓ Facilidad de comprender los pasos para realizar una o varias operaciones en el sistema por parte de los usuarios.

Confiabilidad en cuanto a:

- ✓ Capacidad que posee el sistema de funcionar correctamente durante la realización de las tareas.

Eficiencia en cuanto a:

- ✓ Tiempo de realización de las tareas de usuarios no experto con respecto a los que sí lo son.

Facilidad de aprendizaje en cuanto a:

- ✓ Capacidad del sistema de ser aprendido por el usuario sin la necesidad de ayuda de agentes externos.

Facilidad de recordar en cuanto a:

- ✓ Cuan fácil le es al usuario trabajar nuevamente en el sistema luego de un tiempo sin hacerlo.

Durante la fase de **obtención del producto**, se obtienen las salidas del sistema, gráficos, análisis de porciones geográficas, etc. En ocasiones suele suceder que no se entiendan las mismas y el

Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG

resultado no es el esperado por los usuarios. Por lo que se define como atributos de usabilidad para esta fase, **simplicidad, utilidad y satisfacción**.

Simplicidad en cuanto a:

- ✓ Facilidad de comprender las salidas del sistema por parte de los usuarios.

Utilidad en cuanto a:

- ✓ Capacidad que posee el sistema de cumplir con las necesidades de los usuarios.

Satisfacción en cuanto a:

- ✓ Experiencia emocional de los usuarios durante el trabajo con el sistema y los resultados que ofrece.

2.2.2 Definir tipos de métricas

Se deben establecer los tipos de métricas que ayudarán a calificar los atributos que están siendo evaluados, pues para algunos atributos quizás no sea suficiente expresar la medida de su comportamiento a través de una función matemática o a partir de números, sino de forma cualitativa. Además de establecer el dominio o conjunto de valores que puede tomar y los tipos de escala, ordinal, nominal, de intervalo (SIABATO, 2008) (Olsina).

¿Qué son las métricas de software?

Las autoras (Cabrera Montoya, y otros, 2008) en su trabajo de diploma para comprender mejor el concepto de métrica, hacen referencia a los conceptos dados por (PRESSMAN, 1998) de métrica, medida y medición, pues éstos no tienen el mismo significado.

- ✓ Medida: Proporciona una indicación cuantitativa de la extensión, cantidad, dimensiones, capacidad o tamaño de algunos atributos de un proceso o producto (PRESSMAN, 1998).
- ✓ Medición: La medición es el acto de determinar una medida (PRESSMAN, 1998).
- ✓ Métrica: Es una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado (PRESSMAN, 1998).

¿Qué métricas de usabilidad son usadas actualmente?

En la actualidad existe gran necesidad de involucrar a los usuarios en el proceso de desarrollo de los SIG como una buena práctica del empleo del diseño centrado en él para obtener sistemas más usables. Sin embargo cuando se olvida esta buena práctica se tienden a utilizar técnicas y/o métricas para medir la usabilidad sobre productos ya finalizados sin tener en cuenta los pasos metodológicos para su desarrollo (Lorés, y otros). Para medir atributos de usabilidad existen diversas alternativas, a través de cuestionarios orientados a conocer el nivel de satisfacción de los usuarios respecto a su experiencia con el uso sistema del cual queremos conocer su grado de

Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG

usabilidad, otras utilizan herramientas software especializadas que facilitan una medición más precisa y automatizada (Lorés, y otros). Los cuestionarios más relevantes en este ámbito son: QUIS⁹, SUMI¹⁰, WAMMI¹¹, MUMMS¹². Excepto QUIS todos los demás no son gratuitos, es decir que hay que pagar para poder usarlo y en el caso de QUIS está enfocado a medir el grado de satisfacción de los usuarios mientras interactúan con la interfaz. A continuación se muestran algunos inconvenientes de usar las métricas mencionadas anteriormente según (Lorés, y otros):

1- Las medidas que tanto cuestionarios como herramientas proporcionan se obtienen principalmente midiendo tan solo la satisfacción del usuario con el sistema, y no podemos olvidar que según la definición del estándar ISO 9241-11 la satisfacción solo es uno de los parámetros que definen la usabilidad.

2- Los cuestionarios son excelentes para medir cuantitativamente los aspectos reflejados en los mismos pero no dejan lugar para aspectos no enumerados en los mismos que pueden ser importantes desde el punto de vista de los usuarios, propiciando que estos no encuentren su mejor respuesta entre las que el test les ofrece.

3- Existe una fuerte dependencia entre los resultados obtenidos y la muestra de usuarios escogidos (cantidad, representatividad y motivación).

Y a esta lista de inconvenientes debemos añadirle el siguiente:

4- Ninguna de las métricas de la usabilidad existentes consideran para su evaluación metodologías procedentes del ámbito de la Ingeniería de la Usabilidad para desarrollar sistemas verdaderamente usables.

Por lo anteriormente expresado se tiene la necesidad para esta investigación de usar métricas que permitan evaluar los atributos de usabilidad que se presentan en la siguiente tabla, de acuerdo a la fase en que se miden y mejorar los inconvenientes descritos anteriormente. Para ello se definen las estrategias de medición correspondientes para cada uno de ellos.

⁹ QUIS. es una herramienta de evaluación de usabilidad centrada en el usuario para sistemas de computación interactiva.

¹⁰ SUMI: es un cuestionario de 50 ítems, utilizado para medir la satisfacción y valorar la percepción del usuario de la calidad del software

¹¹ WAMMI: es un cuestionario que permite obtener una medida de la facilidad de uso de un sitio Web desde la percepción del usuario.

¹² MUMMS: es un cuestionario que replantea los cuestionarios existentes, teniendo como objetivo evaluar la calidad de uso de los productos de computación de multimedia por los propios usuarios finales.

Tabla 6: Métricas de usabilidad para SIG.

Atributo	Tipo de métrica
Confiabilidad	Cuestionario
Aspectos estéticos	Lista de chequeo
Simplicidad	Cuestionario
Facilidad de Aprendizaje	Cuestionario
Facilidad de Recordar	Cuestionario
Eficiencia	Eficiencia
Efectividad	Cuestionario
Utilidad	Cuestionario
Satisfacción	Técnica EMOCARD

2.2.2.1 Propuesta de métricas.

Según (Lorés, y otros) la utilización de **cuestionarios** con preguntas especialmente diseñadas para conocer el uso que hacen los usuarios de un sistema determinado y, particularmente, cuál es su grado de satisfacción, es una de las técnicas que más éxitos ha logrado en el terreno de las métricas de la usabilidad.

Los autores (Hernández Bieliukas, y otros, 2012) plantean que los instrumentos de medición van a permitir la recolección de datos a través de varias preguntas, con el fin de medir una o más variables.

En este caso, se utilizan para medir atributos como **confiabilidad**, **simplicidad**, **facilidad de aprendizaje**, **facilidad de recordar**, **efectividad**, **utilidad** y **satisfacción** en dependencia de la fase en que se encuentre la evaluación. Éste último atributo se medirá a partir de un cuestionario que incluye el uso de la técnica Emocard.

Según (Del Pino Moragues, y otros, 2012), **Emocard**, es una técnica efectiva para la mediación de la respuesta emocional de forma no verbal. Utiliza tarjetas que les permite a los usuarios expresar lo que sienten en el instante de forma sencilla, eliminando las limitaciones en el lenguaje. Para los usuarios supone una dificultad expresar con palabras sus emociones, y es común que los evaluadores no logren encontrar realmente la verdadera sensación que provoca la aplicación. Esta técnica permite al usuario identificar (a través de rostros que emulan estados de ánimo) como se siente al interactuar con el sistema.

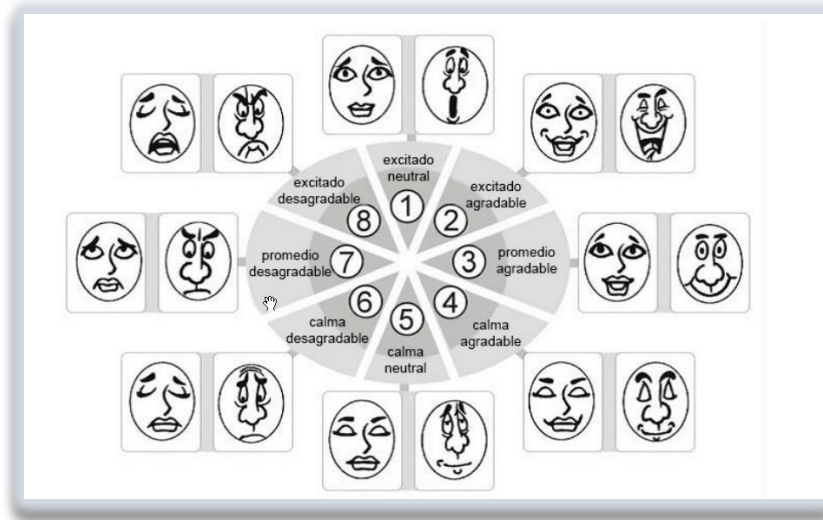


Figura. 5: Técnica para medir las emociones de los usuarios de forma no verbal.

Las listas de chequeo o de verificación son una herramienta sencilla para evaluar o describir un objeto. Pueden aplicarse como un instrumento de autorreporte o de informe de un observador. Atributos como **aspectos estéticos y de estilos** se medirán a través de este tipo de herramienta que incluye aspectos que deben tener los mapas como por ejemplo: simbología y etiquetado, representación de los elementos gráficos, orden de las capas, título, escala, leyenda, mapa de localización.

Eficiencia: permite determinar el tiempo que el usuario invierte al realizar búsquedas en el sistema (TIUS), dando la medida de cuan complejo de trabajar es el mismo. Este TIUS es comparado con el tiempo que emplearía un experto.

2.2.3 Establecer un plan de acciones para la medición

Se definen las personas que participan en el proceso (usuarios, desarrolladores o evaluadores), el lugar donde se realizará la evaluación, se especifican las técnicas y métodos a utilizar para la recopilación de los datos y por último y no menos importante, se establecen las tareas que se deben realizar por parte de los involucrados, dependiendo del rol que ocupan como parte de la medición.

2.2.4 Procesar y analizar los datos

Se realiza el análisis de todos los datos recopilados de las encuestas y observaciones utilizando técnicas como codificación de datos, por cientos, media aritmética, promedio y moda. La información obtenida se almacena.

2.2.5 Detectar errores de usabilidad

Una vez obtenidos los resultados, a partir de las preguntas abiertas establecidas en los cuestionarios los usuarios podrán ofrecer su criterio de cuáles fueron los principales problemas afrontados en la realización de sus tareas. Es válida la utilización de alguna técnica de observación.

Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG

2.2.6 Proponer medidas correctivas

A partir de los errores detectados en la actividad anterior, se proponen acciones para eliminarlos. La siguiente tabla muestra algunas acciones a realizar.

Tabla 7: Acciones correctivas por fase.

Fases	Acciones correctivas
F-1	Se debe revisar que los mapas, fotos, tablas, gráficos, textos muestren información real, que se entienda su contenido, que sean agradables a la vista, si estos datos se corresponden con el objetivo del sistema a desarrollar y no existe complejidad a la hora de entender lo que se observa.
F-2	Verificar que los mapas estén dentro de los tipos de mapas temáticos o capas. Que las escalas estén descritas correctamente según los datos geográficos reales. Tratar de que los datos procesados se muestren de manera simple y que se comprenda lo que se desea expresar. Verificar que no existan huecos entre polígonos y solapamiento entre las imágenes. Se deben tener en cuenta para las imágenes los siguientes aspectos: Tono o color: el color puede servir para determinar el tipo de suelo de una región. Tamaño: Es posible estimar el tamaño de objetos de una imagen si se conoce el tamaño de la misma o estableciendo relaciones entre los distintos objetos. Forma: en ocasiones es posible identificar objetos en una foto por su forma. Textura: permite el reconocimiento de objetos basándose en cambios espaciales en el tono. Sombra: Las sombras en las imágenes dificultan la visualización de objetos que se encuentran en ella. Si se conoce el ángulo de inclinación del sol, la sombra puede servir para estimar la altura de los objetos.
F-3	Estas acciones están enfocadas en las operaciones para trabajar con tipos de datos temáticos. Revisar que los elementos que el usuario desea buscar estén accesibles. Revisar que el tiempo de respuesta de las operaciones no cause insatisfacción en el usuario. Que las consultas que realicen los usuarios no conlleve un exceso de operaciones. Que cuando el usuario esté realizando alguna consulta el sistema no genere fallos y en caso de fallos que sea capaz de recuperarse. Revisar si las operaciones reflejan claridad y comprensión para los usuarios, de tal forma que pueda comprenderlas en poco tiempo. Revisar si el usuario después de interactuar con el sistema es capaz de explicar alguna operación, para tipo de datos temáticos.
F-4	Las mismas de la fase anterior pero enfocada en las operaciones con otro tipo de datos, datos (espaciales).

F-5	Verificar que las salidas de gráficos, mapas se correspondan con las especificaciones de los usuarios. Que puedan entenderse claramente y les sea de ayuda a la hora de tomar decisiones.
-----	---

2.3 Necesidades de los usuarios.

Para desarrollar sistemas que cumplan con las expectativas de los usuarios, se hace necesario conocer cuáles son sus exigencias, por lo que una forma de representar las mismas es a través de las funcionalidades de estos.

2.3.1 Funcionalidades del sistema.

F: funcionalidades.

F1: Gestionar sistemas

F2: Gestionar fases

F3: Gestionar atributos

F4: Gestionar medida

F5: Gestionar resultados

F6: Registrar persona

F7: Autenticar usuario

2.3.2 Propiedades del sistema.

Portabilidad: El sistema será multiplataforma.

Usabilidad: Interfaz amigable, fácil de usar y debe posibilitar el pronto aprendizaje y familiarización del usuario con el sistema.

Hardware: Procesador Intel Celeron a 1.8 GHZ de velocidad de procesamiento y 1 Gb de RAM.

Software: Debe tener instalado Web2py como framework de desarrollo, Python y un navegador web.

2.4 Herramientas para el desarrollo.

2.4.1 Herramienta de modelado.

Visual Paradigm for UML 8.0 Enterprise Edition: Está diseñado para una amplia gama de usuarios, incluyendo ingenieros de software, analistas de sistemas, analistas de negocios y arquitectos de sistemas, permite realizar diagramas UML, generar código y documentación a partir de dichos diagramas y realizar ingeniería a la inversa (Domingo, y otros, 2012).

2.4.2 Lenguaje de programación.

Python en su versión 2.7.5: Es un lenguaje interpretado o de script, con tipado dinámico, multiplataforma y orientado a objetos (González Duque, 2010).

Multiplataforma: El intérprete de Python está disponible en multitud de plataformas (UNIX¹³, Solaris¹⁴, Linux, DOS, Windows, OS/2, Mac OS, etc.) por lo que si no se utilizan bibliotecas específicas de cada plataforma el programa puede ejecutarse en todas estas plataformas sin grandes cambios.

HTML5: Es la quinta revisión importante del lenguaje básico de la World Wide Web, HTML. Es un lenguaje usado para estructurar y presentar el contenido en la web. Con HTML5, los navegadores como Firefox, Chrome, Explorer y Safari pueden saber cómo mostrar una determinada página web, saber dónde están los elementos, dónde poner las imágenes y dónde ubicar el texto (Gauchat, 2012).

CSS3: Hoja de estilo en cascada o **CSS** (siglas en inglés de *cascading style sheets*), es la versión 3 del lenguaje CSS, está estrechamente ligado a HTML5. Es un lenguaje usado para definir y crear la presentación de un documento estructurado escrito en HTML. La idea que se encuentra detrás del desarrollo de CSS es separar la estructura de un documento de su presentación (Gauchat, 2012).

JavaScript: Es un lenguaje de programación que permite a los desarrolladores crear acciones en sus páginas web. No requiere de compilación ya que el lenguaje funciona del lado del cliente, los navegadores son los encargados de interpretar estos códigos (Gauchat, 2012).

2.4.3 Entorno de Desarrollo Integrado.

Pycharm en su versión 3.0.1: Es un editor de código inteligente que proporciona soporte de primera clase para los lenguajes de programación: Python, JavaScript, HTML/CSS. Pycharm funciona en Windows, Mac OS o Linux con una única clave de licencia, también ofrece un espacio de trabajo con colores personalizables y atajos de teclado.

2.4.4 Gestor de Base de Datos.

SQLite¹⁵ en su versión 3.8.3: Es un gestor de bases de datos con una interfaz muy clara, dividida en pestañas para los elementos de diseño, administración y la elaboración de instrucciones SQL, con la posibilidad de crear y navegar por las tablas, índices y vistas, insertar, eliminar y editar las tablas, ejecutar sentencias SQL. Dispone de un completo sistema de generación de informes, exportables en una gran variedad de formatos, incluyendo HTML, CSV y XML. SQLite ofrece una

¹³ Unix: es un sistema operativo portable, multitarea y multiusuario.

¹⁴ Solaris: es un sistema operativo de tipo Unix desarrollado desde 1992.

¹⁵ Es un sistema de gestión de bases de datos relacional.

Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG

forma más amena para navegar entre los objetos de las bases de datos, gestionar las bases de datos y construir instrucciones SQL, junto a una tabla completa con los resultados de las peticiones formuladas.

2.4.5 Framework de desarrollo.

Según (Tolosa, y otros, 2013), un framework es una estructura conceptual y tecnológica de soporte definido con base, por lo que un proyecto de software puede ser fácilmente organizado y desarrollado. Un framework web está orientado precisamente a facilitar el desarrollo de aplicaciones web, por ejemplo proporcionando bibliotecas para acceder a bases de datos, realizar gestión de sesiones, etc.

Web2py en su versión 2.9.12, sigue el paradigma de programación MVC (Model View Controller, Modelo Vista Controlador), el cual se describirá en la siguiente subsección. Posee importantes ventajas, entre las que se destacan:

- Está diseñado para tener seguridad.
- Incluye una capa de abstracción de bases de datos (DAL, Database Abstraction Layer) que escribe SQL dinámicamente sin que el desarrollador tenga que hacerlo.
- Soporta SQLite, MySQL¹⁶ y PostgreSQL¹⁷, entre otros manejadores de bases de datos.
- Sus desarrolladores se comprometen a mantener la compatibilidad con versiones previas en futuras versiones.
- Ocupa poco espacio.

2.5 Metodología de desarrollo.

Una metodología de desarrollo de software es un conjunto de pasos, herramientas y soporte documental que ayuda a los desarrolladores a guiar la realización del software.

2.5.1 Metodologías ágiles.

Para las metodologías ágiles los individuos y las interacciones entre ellos son más importantes que las herramientas y los procesos empleados en el desarrollo del software. Es más relevante crear un software que funcione, que escribir documentación exhaustiva. La colaboración con el cliente debe prevalecer sobre la negociación de contratos. La capacidad de respuesta ante un cambio es más importante que el seguimiento estricto de un plan. (Torres, y otros, 2003)

2.5.2 Metodología XP.

XP es una metodología ágil centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en el desarrollo de software, promoviendo el trabajo en equipo, el aprendizaje de los desarrolladores y propiciando un buen clima de trabajo. XP se basa en la retroalimentación continua

¹⁶ Es un sistema de gestión de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario con más de seis millones de instalaciones.

¹⁷ Es un Sistema de gestión de bases de datos relacional orientado a objetos y libre.

Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG

entre el cliente y el equipo de desarrollo, en la comunicación fluida entre todos los participantes, en la simplicidad de las soluciones implementadas y en la voluntad para enfrentar los cambios. XP se define como especialmente adecuada para proyectos con requisitos imprecisos y muy cambiantes, donde existe un alto riesgo técnico (Torres, y otros, 2003).

2.5.3 Selección de la metodología de desarrollo.

No existe una metodología universal para hacer frente con éxito a cualquier proyecto de desarrollo de software, toda metodología debe ser adaptada al contexto del proyecto. Para el desarrollo de este sistema informático, se consideraran las siguientes características:

Características del equipo de desarrollo

- El equipo está compuesto por dos programadores y un cliente.
- El grado de interacción entre los miembros del equipo es alto, pues existe una gran compenetración y un buen entendimiento entre ellos.

Características del cliente

- El cliente pertenece al equipo de desarrollo.
- El intercambio de conocimientos entre el cliente con los miembros del equipo es alto, esto se debe a que el cliente pertenece al equipo de desarrollo.

Características del proyecto a desarrollar

- El tiempo del proyecto es corto, se debe terminar en menos de un año.
- Los requisitos del proyecto pueden cambiar, pues el cliente puede agregar nuevas historias de usuarios según avanza el proyecto.
- La generación de artefactos y roles es poca, ya que el tiempo de desarrollo del proyecto es corto.

Según el estudio realizado se decide utilizar XP como metodología.

Fases de la Metodología XP.

- **Planificación:** Durante esta etapa se lleva a cabo el proceso de identificación y confección de las historias de usuario, así como la familiarización del equipo de trabajo con las tecnologías y herramientas seleccionadas para el desarrollo del software. También el cliente especifica la prioridad en que se deben implementar las historias de usuario, además de una estimación del esfuerzo que costará implementar todas las historias de usuario.
- **Diseño:** La metodología de desarrollo XP plantea prácticas especializadas que accionan directamente en la realización del diseño para lograr un sistema robusto y reutilizable, tratando en todo momento de conservar su simplicidad, es decir, crear un diseño evolutivo

Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG

que va mejorando incrementalmente y que permite hacer entregas pequeñas y frecuentes de valor para el cliente, basado principalmente en el desarrollo de las tarjetas CRC.

- **Desarrollo:** En esta fase se realiza la implementación de las historias de usuario que fueron seleccionadas por cada iteración. Al inicio se lleva a cabo un chequeo del plan de iteraciones por si es necesario realizar modificaciones. Como parte de este plan se crean tareas de ingeniería para ayudar a organizar la implementación exitosa de las HU.
- **Pruebas:** Esta fase se realizan las pruebas de aceptación o pruebas funcionales destinadas a evaluar si al final de una iteración se consiguió la funcionalidad requerida diseñadas por el cliente.

2.6 Fase de planificación.

2.6.1 Historias de usuario.

Representan una breve descripción del comportamiento del sistema, emplea terminología del cliente sin lenguaje técnico, se realiza una por cada característica principal del sistema, se emplean para hacer estimaciones de tiempo y para el plan de lanzamientos, reemplazan un gran documento de requisitos y presiden la creación de las pruebas de aceptación. Estas deben proporcionar sólo el detalle suficiente como para poder hacer razonable la estimación de cuánto tiempo requiere la implementación de la historia, difiere de los casos de uso porque son escritos por el cliente, no por los programadores, empleando terminología del cliente.

Luego de obtener las principales funcionalidades del sistema se identificaron un total de 7 historias de usuario. A continuación se muestran dos de ellas, las demás se encuentran en el **anexo 1**.

Tabla 8: Historia de usuario: Gestionar sistemas.

Historia de usuario	
Número:3	Nombre historia de usuario: Gestionar sistemas
Usuario: Cliente	
Prioridad en negocio: alto	Riesgo en desarrollo: alto
Puntos estimados:1	Iteración asignada:2
Programador responsable: Addel A. Rodríguez Enamorado y Yasmery Prieto Carmona	
Descripción: permite adicionar nuevos sistemas, eliminar, modificar, visualizar, buscar sistemas existentes y exportar los datos en archivos CSV, JSON, TSV, HTML, XML.	
Observaciones:	

Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG

Tabla 9: Historia de usuario: Gestionar fases.

Historia de usuario	
Número:4	Nombre historia de usuario: Gestionar fases
Usuario: Cliente	
Prioridad en negocio: alto	Riesgo en desarrollo: alto
Puntos estimados: 1	Iteración asignada: 2
Programador responsable: Addel A. Rodríguez Enamorado y Yasmery Prieto Carmona	
Descripción: permite adicionar nuevas fases para un sistema, eliminar, modificar, visualizar y buscar las fases existentes y exportar los datos en archivos CSV, JSON, TSV, HTML, XML.	
Observaciones:	

2.6.2 Estimación de esfuerzo por historias de usuario.

En el epígrafe se realiza la estimación del esfuerzo por historia de usuario para lo cual se hace necesario tener en cuenta que estas deben ser programadas en un tiempo entre una y tres semanas. Si la estimación es superior a tres semanas, se divide en dos o más historias. Si es menor de una semana, se combina con otra historia. Estas estimaciones permiten tener una medida de la velocidad del proyecto y ofrecen una guía a la cual ajustarse. Los resultados estimados se muestran a continuación.

Tabla 10: Estimación de esfuerzos por Historia de Usuario.

Historia de usuario	Puntos de estimación(semanas)
Registrar persona	1
Autenticar usuario	1
Gestionar sistemas	1
Gestionar fases	1
Gestionar atributos	1
Gestionar medidas	1
Gestionar resultados	1

Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG

2.6.3 Plan de iteraciones.

Este plan tiene como objetivo mostrar la duración de cada iteración, así como el orden en que serán implementadas las historias de usuario.

Tabla 11: Plan de duración de las iteraciones.

Iteraciones	Orden de las historias de usuario a implementar	Duración de las iteraciones(semanas)
Iteración 1	Autenticar usuario	2
	Registrar persona	
Iteración 2	Gestionar sistemas	3
	Gestionar fases	
	Gestionar atributos	
Iteración 3	Gestionar medidas	2
	Gestionar resultados	
Total		7

2.6.4 Plan de entrega.

En este plan se concentran las funcionalidades referentes a un mismo tema en módulos, esto permite un mayor entendimiento en la fase de implementación. Tiene como objetivo definir el número de liberaciones que se realizarán en el transcurso del proyecto y las iteraciones que se requieren para desarrollar cada una.

Tabla 12: Funcionalidades por módulos.

Módulo	HU que abarca
Gestión de información	Registrar persona
	Autenticar usuario
	Gestionar sistemas
	Gestionar fases
	Gestionar atributos
	Gestionar medidas
	Gestionar resultados

Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG

Tabla 13: Plan de duración de entrega.

Módulo	Final de la primera iteración	Final de la segunda iteración	Final de la tercera iteración
Gestión de información	Última semana de marzo	Tercera semana de abril	Tercera semana de mayo
	V1.0	V1.1	Final

2.7 Fase de diseño.

2.7.1 Tarjetas CRC.

Las tarjetas CRC (Clase, Responsabilidad y Colaboración) son utilizadas para representar las responsabilidades de las clases y sus interacciones. Estas tarjetas permiten trabajar con una metodología basada en objetos, permitiendo que el equipo de desarrollo completo contribuya en la tarea del diseño. El nombre de la clase se coloca a modo de título en la tarjeta, las responsabilidades se colocan a la izquierda y las clases que se implican en cada responsabilidad a la derecha, en la misma línea que su requerimiento correspondiente. Las tarjetas determinan el comportamiento de cada actividad. A continuación se muestran dos de ellas, las demás se encuentran en el **anexo 2**.

Tabla 14: Tarjeta CRC para la clase Sistema.

Clase: Sistema	
Responsabilidad	Colaboración
Permite buscar, guardar, registrar, modificar, visualizar, exportar y eliminar información de los sistemas a evaluar.	Fase, default, layout.

Tabla 15: Tarjeta CRC para la clase Fase.

Clase: Fase	
Responsabilidad	Colaboración
Permite buscar, registrar, modificar, visualizar, exportar y eliminar información referente a las fases	Atributo, default, layout.

2.8 Arquitectura del sistema.

Según la (IEEE-1471-2000), la arquitectura de software, es la organización fundamental de un sistema encarnado en sus componentes, las relaciones entre ellos y el ambiente y los principios que orientan su diseño y evolución.

2.8.1 Patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador con Web2py.

El Model View Controller (Modelo Vista Controlador, MVC) es un patrón de desarrollo de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica del programa en tres componentes distintos (modelo, vista y controlador).

Según (Tolosa, y otros, 2013), dicho patrón es altamente utilizado en aplicaciones web, donde la vista es la página HTML y el código que le provee dinamismo a la página (JavaScript, Python embebido en el HTML, etc.), el modelo utiliza una capa de abstracción para el mapeo de las tablas de la base de datos y el controlador es el que se encarga del flujo de trabajo de la aplicación. Se ve entonces que una gran ventaja del MVC es el hecho de que permite una fácil y flexible estructuración del código.

Existen diferentes implementaciones del MVC, en general el flujo que sigue el control es el siguiente:

1. El usuario interactúa con la interfaz de usuario de alguna forma (por ejemplo, presionando un botón).
2. El controlador recibe (por parte de los objetos de la interfaz-vista) la notificación de la acción solicitada y gestiona el evento que llega.
3. El controlador accede al modelo, actualizándolo de forma correspondiente a la acción solicitada por el usuario.
4. El controlador delega a los objetos de la vista la tarea de desplegar la interfaz de usuario.
5. La interfaz de usuario espera nuevas instrucciones del usuario, retornando entonces al punto (1).

Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG

En el caso particular de Web2py el flujo de trabajo típico se describe en el diagrama de la figura siguiente:

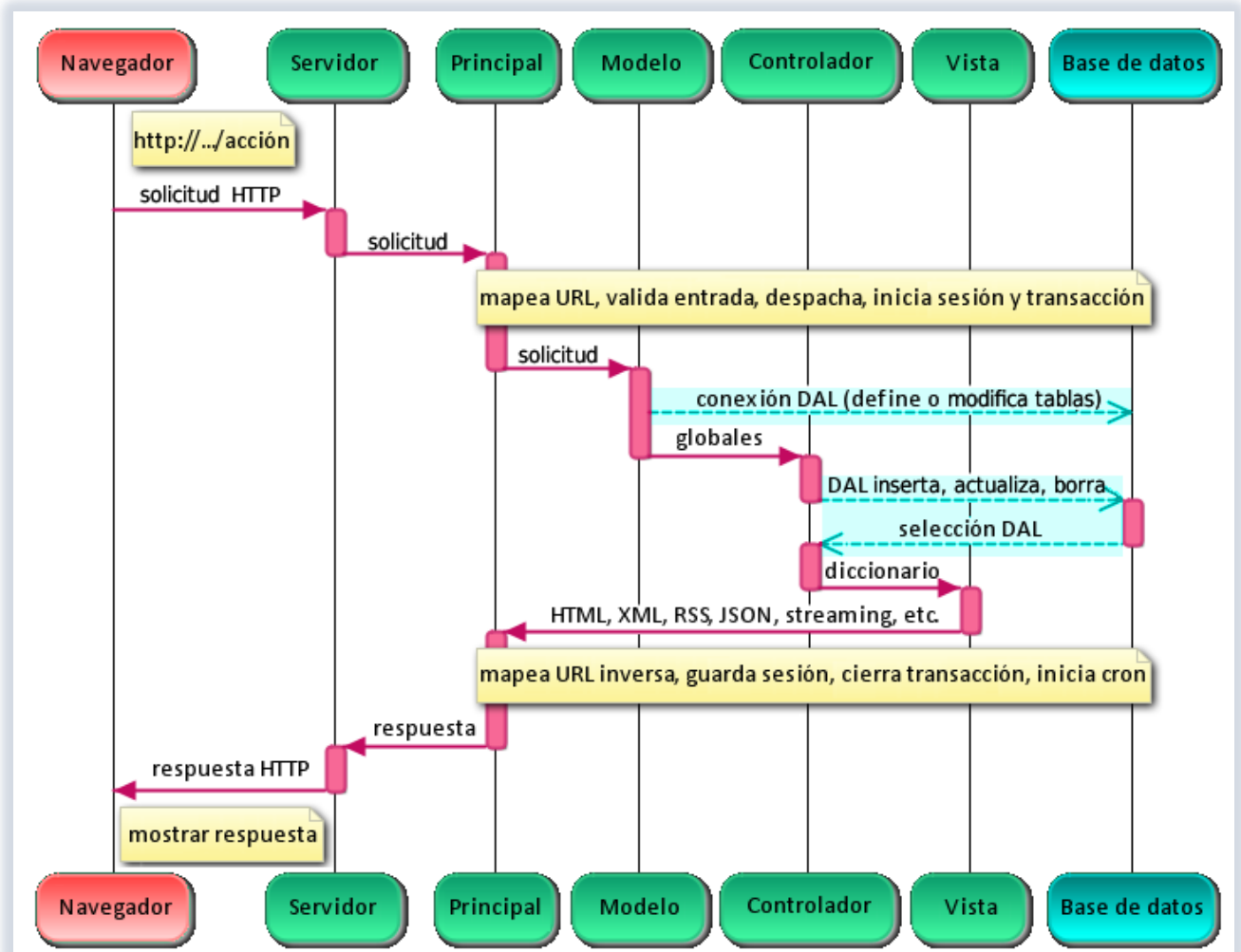


Figura. 6: Patrón MVC en Web2py.

2.9 Modelo físico de la base de datos.

Para una mejor comprensión del sistema, se muestra el modelo de datos con las entidades relevantes que lo conforman, sus atributos y las relaciones entre ellas.

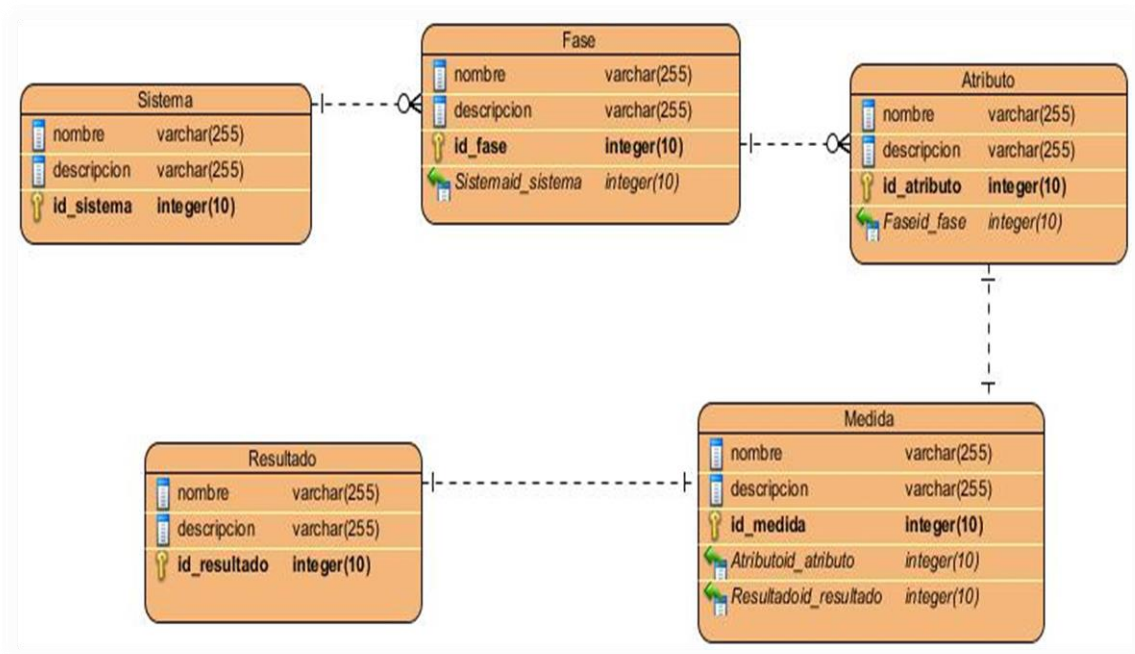


Figura. 7: Diagrama de Entidad Relación.

2.10 Conclusiones del capítulo.

El diseño del procedimiento de evaluación de usabilidad para SIG, define un conjunto de pasos que sirven como guía para llevar a cabo la evaluación desde momentos temprano de desarrollo, definiendo en cada fase que atributo debe ser evaluado en correspondencia con los más utilizados en la literatura. El desarrollo de la solución informática permite almacenar los resultados una vez aplicado el procedimiento.

CAPÍTULO 3: VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS.

En este capítulo se valora el procedimiento para la evaluación de la usabilidad en los sistemas de información geográfica a través del método Delphi. Se selecciona un grupo de expertos a los cuales se les realiza una encuesta para comprobar la efectividad y eficiencia del procedimiento. Se presentan los resultados obtenidos a partir de la realización de las pruebas de aceptación.

3.1 Método Delphi.

Según (Antigarraga) el método de validación Delphi es un método para obtener las opiniones de un panel de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos futuros. El método Delphi pretende obtener una visión colectiva de expertos sobre un tema a partir de rondas repetidas de preguntas, siendo un método capaz de obtener y depurar los juicios de grupo. Según (Cabero Almenara, y otros, 2014), su utilización es verdaderamente efectiva a la hora de recoger información de un grupo que es considerado como un conjunto único para analizar y resolver un problema específico. En resumen, la operativa del método Delphi consiste en el envío de encuestas sucesivas a un grupo de expertos previamente elegidos, donde el consenso se obtiene por un procedimiento matemático de agregación de juicios individuales. Se inicia enviando a los expertos una serie de cuestiones. La encuesta se remite de forma anónima a todos los integrantes del panel de modo que se evita el encuentro entre ellos. Esta precaución permite que las respuestas de unos no influyan en las de otros. Después de esta primera ronda, se agrupan las respuestas y se vuelve a enviar la información al panel de expertos. El número de rondas varía según el nivel de consenso deseado por el investigador, el grado de concreción de los ítems y del número de ítems surgidos.

Dentro de las ventajas de utilizar este método se encuentran las siguientes:

- Reúne y sintetiza el conocimiento de un grupo de participantes que geográficamente esparcidos o no, nunca podrían reunirse para construir un consenso grupal.
- Los expertos del mundo actual pueden participar por la vía del correo electrónico con la consecuente disminución en los costos.
- Un mayor número de individuos de situaciones diversas y áreas de especialización puede ser incluido.
- Favorece libertad de opiniones.
- Reduce la influencia del líder en la interacción del grupo y evita el dominio en el acuerdo general de lo que considere la minoría o aquellos que supuestamente tienen mayor autoridad.
- La confidencialidad de las respuestas permite a los expertos disentir a la luz de un nuevo análisis, incluso de opiniones sostenidas públicamente durante años, sin tener que enfrentarlo ante sus colegas.

3.2 Indicadores a evaluar en la encuesta.

1. Criterio de implantación
 - Necesidad de empleo de la propuesta.
 - Posibilidades de aplicación.
2. Criterio de flexibilidad
 - Adaptabilidad a entidades dedicadas a evaluar la calidad de los productos de software.
 - Capacidad del proceso de evaluación para la admisión de cambios que impliquen mejoras.
3. Criterio de impacto
 - Impacto en el área para la cual está destinada la guía.
4. Criterio de mérito científico
 - Basamento de la propuesta en alguna norma, herramienta o técnica validada o establecida.

Para llevar a cabo la aplicación del método se siguieron tres etapas fundamentales:

- ✓ Elaboración del cuestionario para la validación de la propuesta.
- ✓ Seleccionar a los expertos.
- ✓ Recoger los resultados de los cuestionarios.

3.3 Selección del grupo de expertos.

Se entiende por experto, tanto al individuo en sí como a un grupo de personas u organizaciones capaces de ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión y hacer recomendaciones respecto a sus momentos fundamentales con un máximo de competencia. La identificación de las personas que formarán parte del juicio de expertos es una parte crítica en este proceso, frente a lo cual (Skjong, y otros, 2000), proponen los siguientes criterios de selección:

- (a) Experiencia en la realización de juicios y toma de decisiones basada en evidencia o experticia (grados, investigaciones, publicaciones, posición, experiencia y premios entre otras).
- (b) Reputación en la comunidad.
- (c) Disponibilidad y motivación para participar.
- (d) Imparcialidad y cualidades inherentes como confianza en sí mismo y adaptabilidad.

También plantean que los expertos pueden estar relacionados por educación similar, entrenamiento, experiencia, entre otros; y en este caso la ganancia de tener muchos expertos disminuye.

Otros autores como (McGartland, y otros, 2003), proponen como criterio básico de selección únicamente el número de publicaciones o la experiencia.

El grupo de expertos que conformará el panel, va a ser seleccionado a partir de los criterios propuestos por (Skjong, y otros, 2000), además deben tener conocimiento acerca de los contenidos que sustentan la propuesta de solución:

- ✓ Calidad de Software.
- ✓ Usabilidad.
- ✓ Arquitectura del Software.
- ✓ Proceso de Desarrollo del Software.

Para la validación de la propuesta fueron seleccionados un panel de 7 expertos, compuestos por profesores y especialistas de la Facultad 3, los cuales tienen disposición y motivación para participar durante el proceso, se tiene una excelente opinión de ellos, poseen la capacidad de ser independientes en la toma de decisiones y de ser abiertos en sus opiniones. De ellos, 1 desempeña el rol de Gestor de la Calidad de Software con 2 años de experiencia, 1 ha desempeñado roles como analista principal, líder de desarrollo, programador, administrador de configuración con 8 años de experiencia, posee como categoría científica Máster, 1 desempeña el rol de Asesor de Calidad del centro CEGEL, especialista en calidad de software con 2 años de experiencia, 1 desempeña el rol de asesor de la Vicerrectoría de Producción con 7 años de experiencia, ha sido profesor de Ingeniería de Software y Gestión de software, 1 desempeña el rol de Analista Principal con 5 años de experiencia, 1 desempeña el rol de analista principal con 6 años de experiencia, ha sido profesor de Ingeniería de Software, Gestión de Software y posee como categoría científica Máster y 1 desempeña el rol de profesor principal con 5 años de experiencia y posee como categoría científica Máster. A continuación se presenta el resultado a partir de la **entrevista** realizada a los mismos.

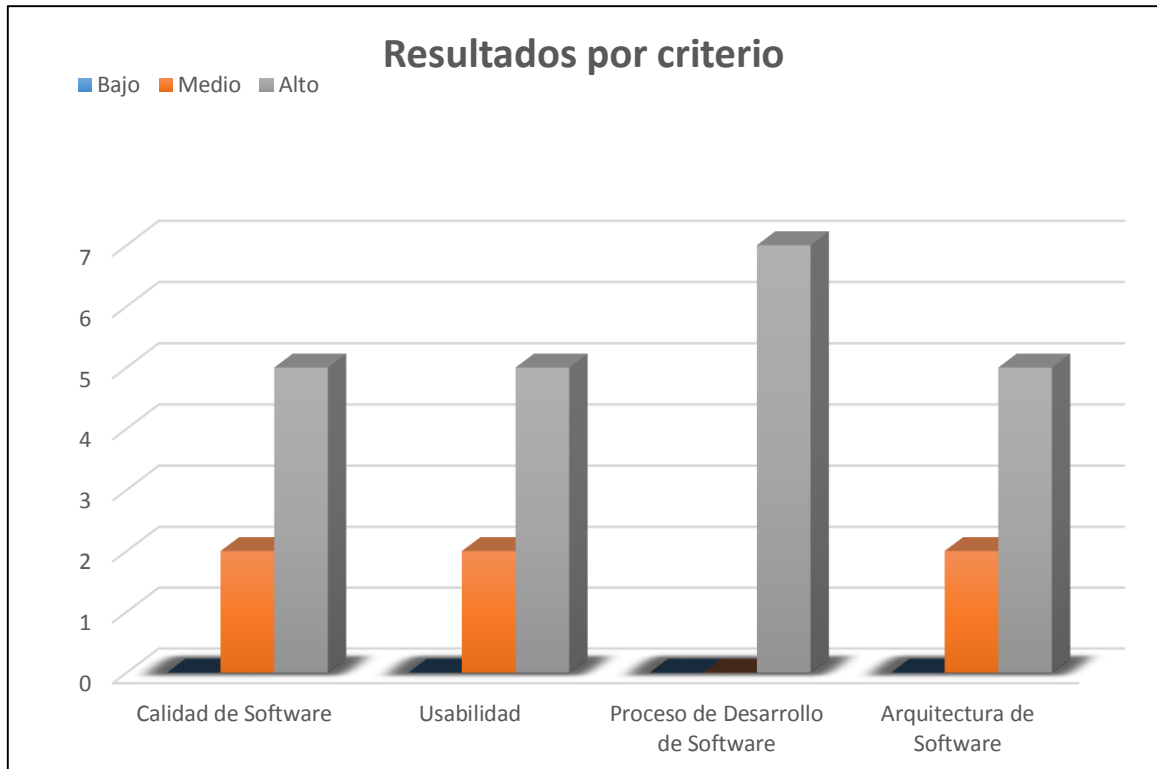


Figura. 8: Grado de competencia de los expertos seleccionados.

3.4 Cuestionario para la validación de la propuesta.

A los expertos que conforman el panel una vez recibido un resumen de la propuesta de solución como documentación primaria para responder los temas encuestados, les fue entregado a cada uno de ellos un cuestionario individual con un total de 6 preguntas con el desglose de los indicadores a evaluar en el mismo. Se realizó una sola ronda de preguntas y luego se prosiguió a analizar los resultados. A continuación se muestran las preguntas que formaron el cuestionario.

1. ¿Cómo valora usted la necesidad del empleo de la propuesta del procedimiento?:
2. ¿Cree usted que pueda ser aplicado?
3. ¿Cómo valora usted la capacidad que posee el procedimiento de evaluación de admitir nuevos cambios que impliquen mejoras?
4. ¿Cree usted que pueda ser utilizado o adaptado por entidades que se dedican a evaluar la calidad de productos de software?
5. ¿Cómo califica usted el impacto de la guía durante el proceso de desarrollo de SIG?
6. ¿Cómo valora usted el basamento científico de la propuesta?

3.4.1 Resultados de la encuesta realizada a los expertos.

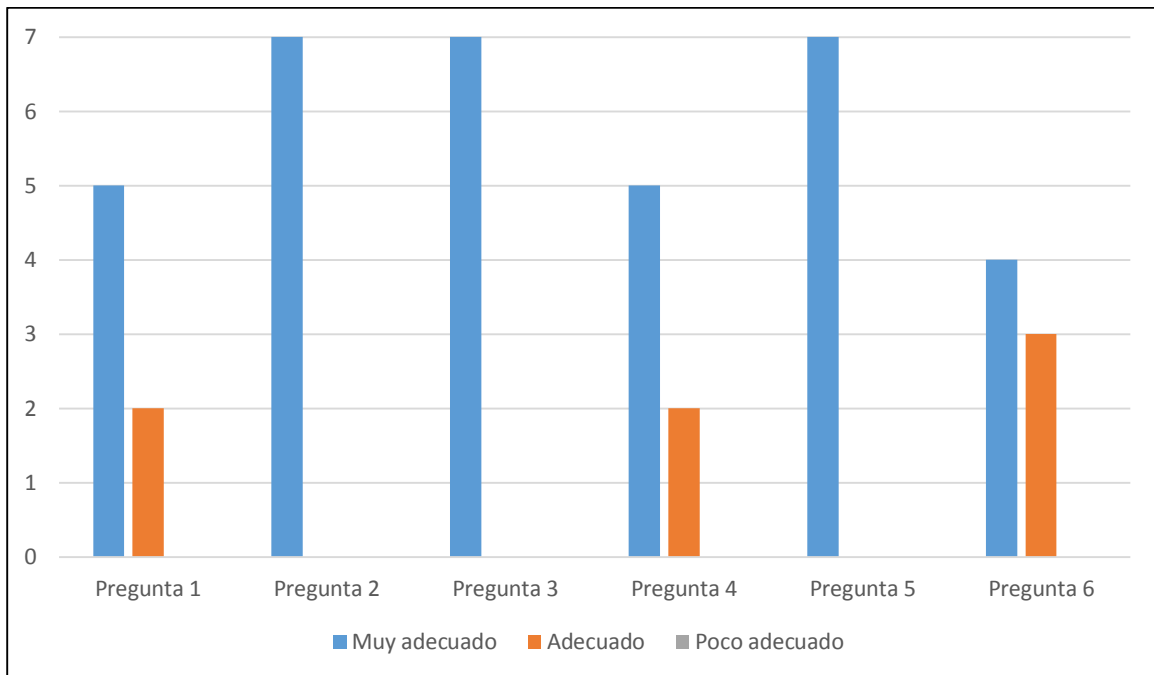


Figura. 9: Resultados de la encuesta realizada a los expertos.

3.4.2 Resultados por indicadores.

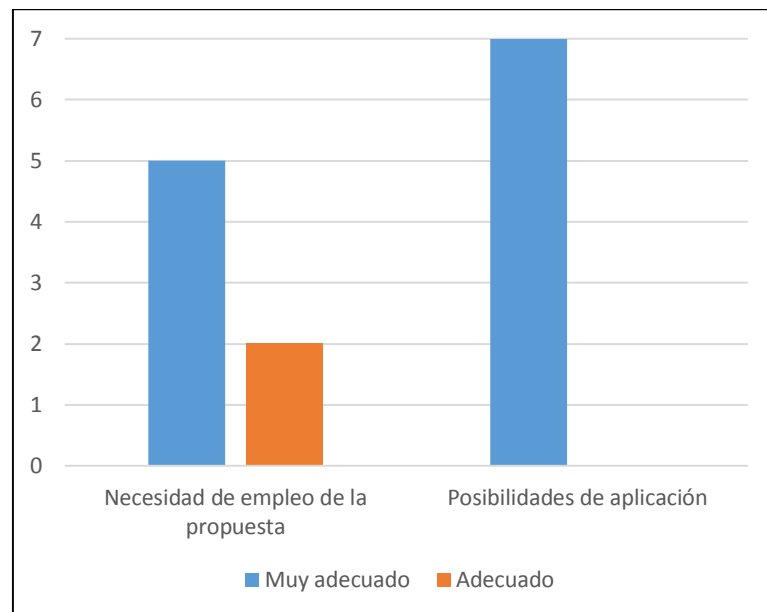


Figura. 10: Criterio de implantación.

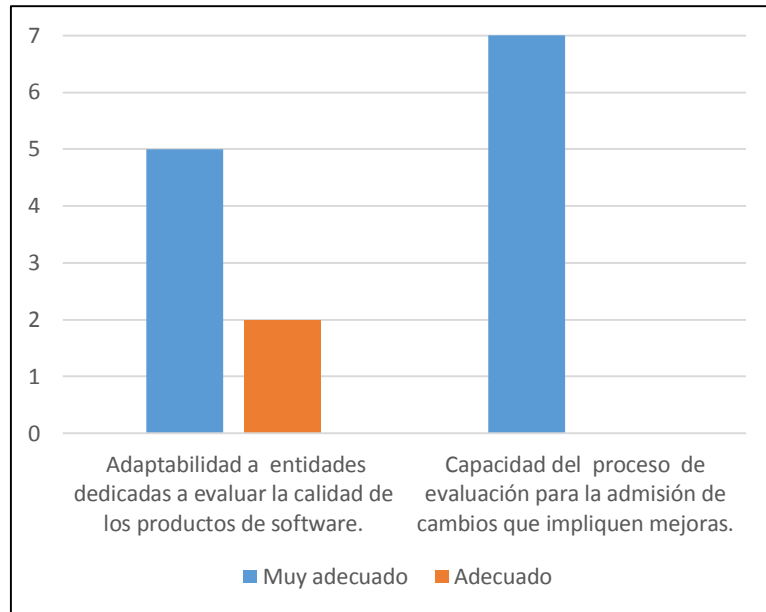


Figura. 11: Criterio de flexibilidad.

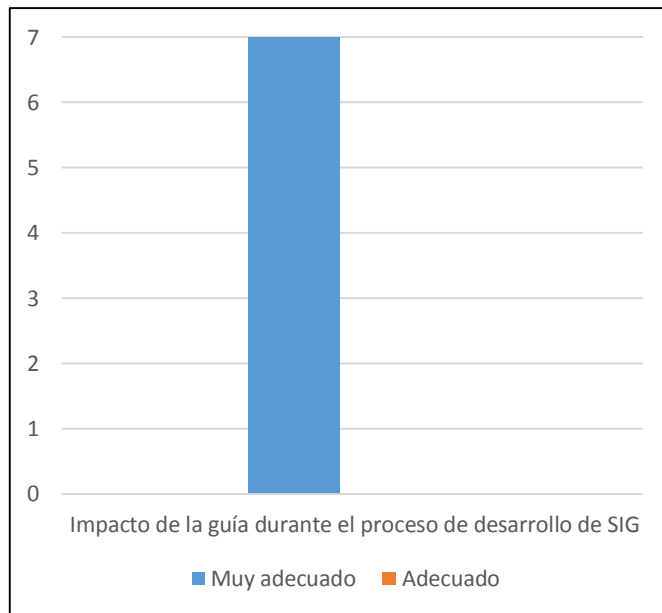


Figura. 12: Criterio de impacto.

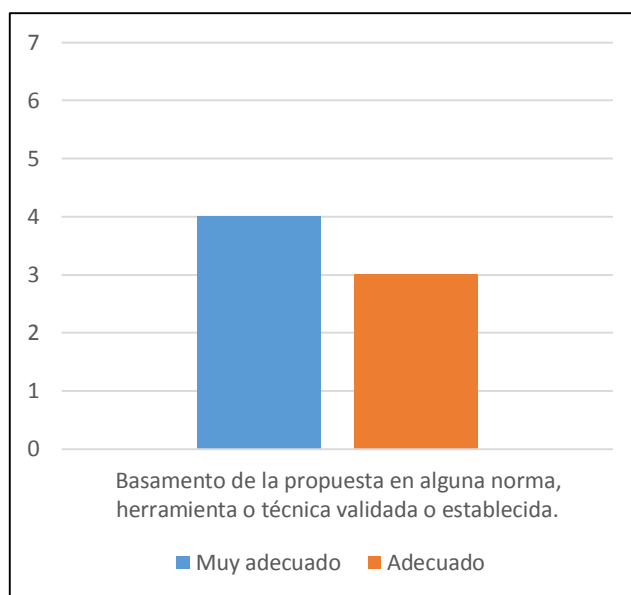


Figura. 13: Criterio de mérito científico.

De un total de 7 expertos, la valoración del procedimiento se encuentra en las clasificaciones de muy adecuado y adecuado, lo que representa, que fue de aceptación para los entrevistados. Por lo tanto se puede concluir, que el procedimiento cumple las condiciones para ser aplicado a los SIG durante su desarrollo.

3.5 Resultados de las pruebas al sistema.

Una vez concluida la implementación del sistema en una primera iteración, se realizaron pruebas de aceptación a la solución, siendo detectadas en la primera iteración un total de 8 no conformidades, de ellas 2 son de complejidad alta y 6 de complejidad baja. Se resolvieron un total de 8, no quedando ninguna pendiente a solución. A continuación se muestra una gráfica con los resultados obtenidos (Ver figura 14).

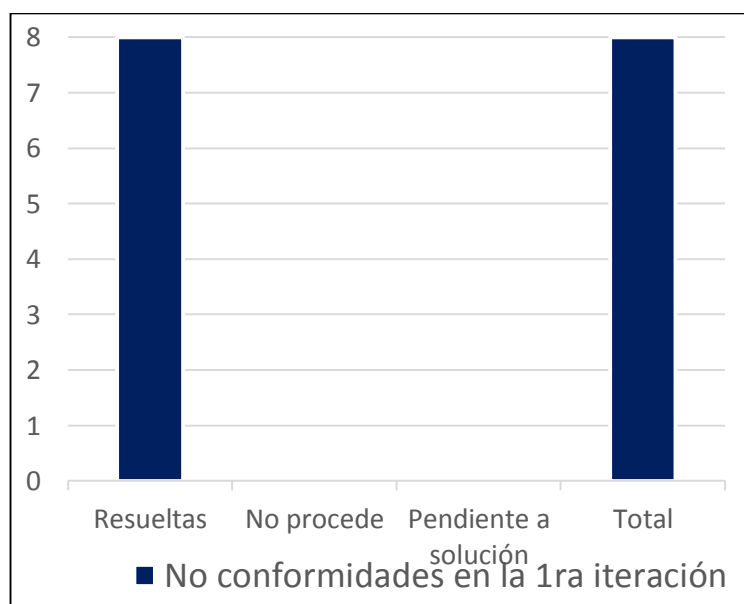


Figura. 14: No conformidades en la 1ra iteración.

Luego de haber realizado una 2da iteración de pruebas al sistema, fueron detectadas un total de 7 no conformidades, de ellas 6 son de complejidad alta, las cuales fueron resueltas satisfactoriamente y una no procede, debido a que dentro de las ventajas del sistema, se encuentra la de permitir añadir nuevas fases de desarrollo a un SIG en caso de ser necesario. La siguiente figura muestra los resultados alcanzados (Ver figura 15).

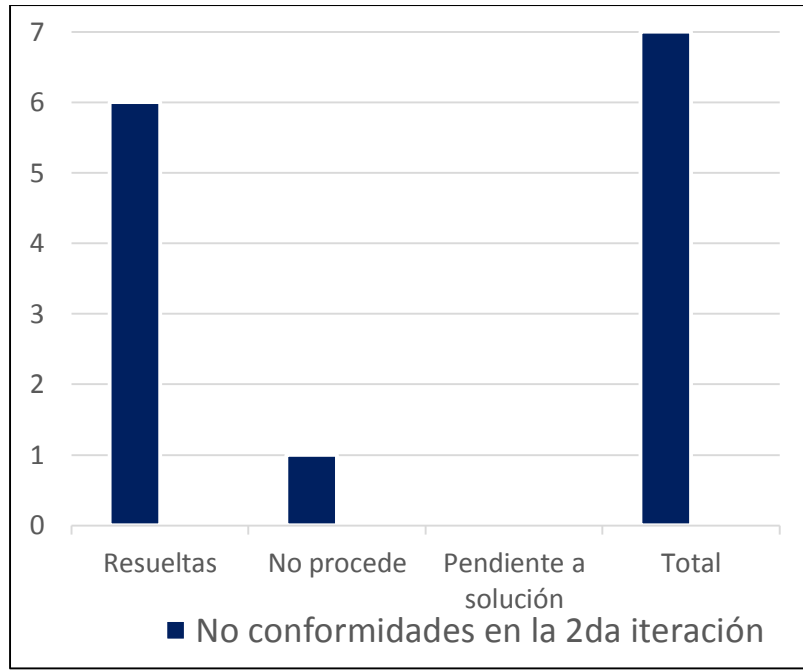


Figura. 15: No conformidades en la 2da iteración.

Después de haber realizado una 3ra iteración de pruebas al sistema, fueron detectadas un total de 5 no conformidades, de ellas las 4 son de complejidad alta y solo 1 de complejidad baja. Se resolvieron todas satisfactoriamente. La siguiente figura muestra los resultados alcanzados (Ver figura 16).

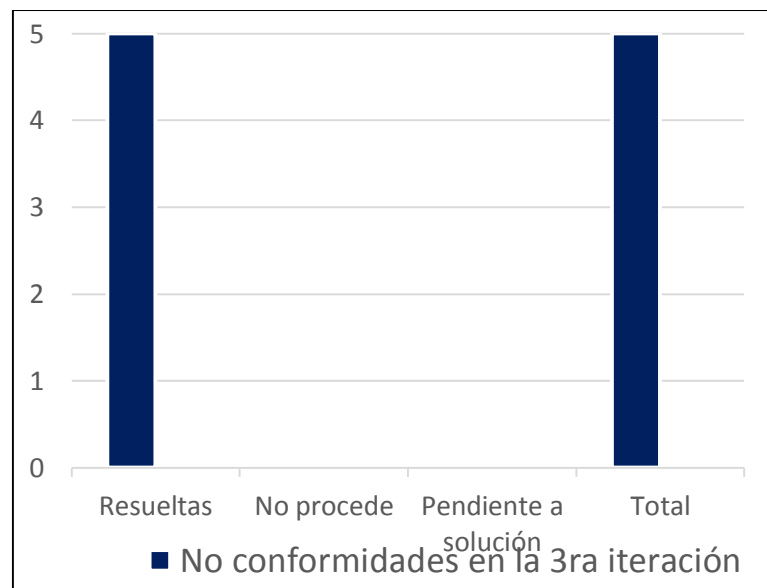


Figura. 16: No conformidades en la 2da iteración.

3.6 Aplicación del procedimiento.

Con el objetivo de poner en práctica el procedimiento propuesto, se decidió aplicar la propuesta al plugin LRSVoronoi del SIG Quantum GIS. El procedimiento fue concebido para ser aplicado en todas las etapas de desarrollo de software, pero en este caso se aplicó en un plugin ya terminado de un sistema, lo que implica que solo fueron evaluados algunos aspectos de algunos de los atributos de usabilidad establecidos en el mismo. El plugin LRSVoronoi, permite regionalizar los servicios de salud de cualquier lugar del país. Una vez interactuado con el sistema, se tienen los siguientes aspectos positivos y negativos encontrados.

Aspectos positivos:

- La cartografía es actualizada.
- El mapa posee título, leyenda.
- La representación de los elementos gráficos y de diseño en el sistema están correctamente utilizados.
- No existe solapamiento entre las capas.
- El sistema no generó fallos a la hora de localizar los puntos de salud de una determinada región.

Aspectos negativos.

La siguiente figura muestra que no existe una clara representación de los elementos mostrados en la leyenda y la representación de las clínicas en el mapa.

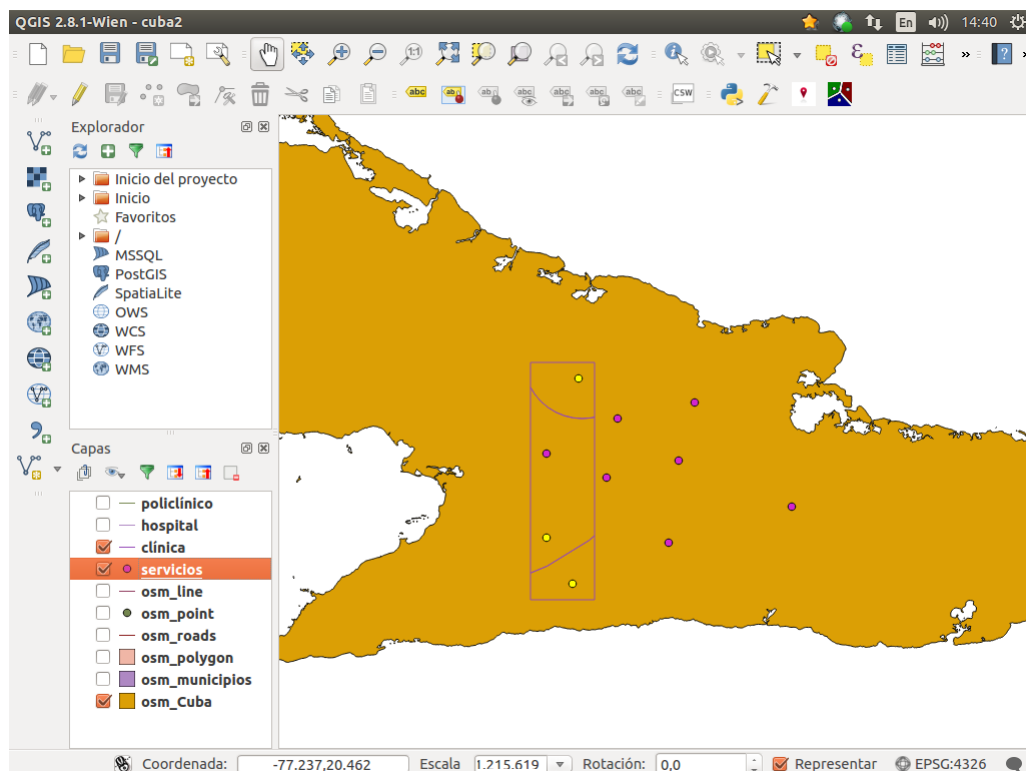


Figura. 17: Dificultades del mapa temático al representar las clínicas.

La siguiente figura muestra que no existe una clara representación de los elementos mostrados en la leyenda y la representación de los policlínicos en el mapa.

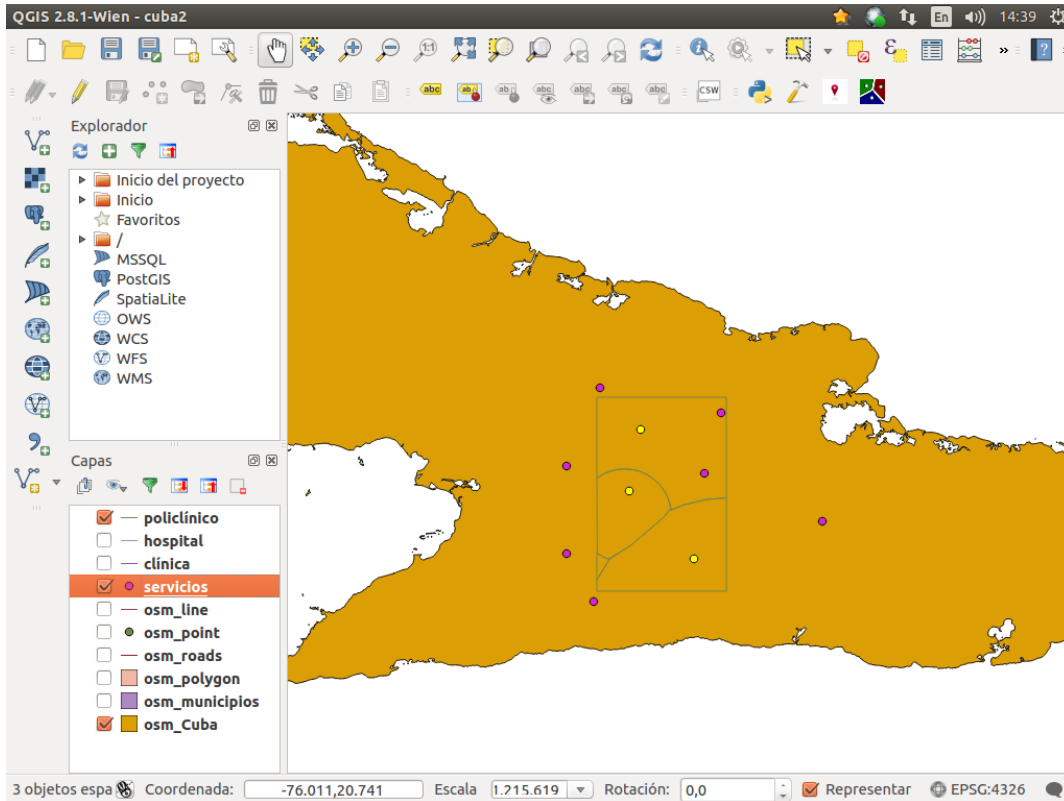


Figura. 18: Dificultades del mapa temático al representar los policlínicos.

La siguiente figura muestra que, no existe un mapa de localización, lo que trae consigo que el usuario pierda su orientación en el mapa al no poder conocer el lugar donde se encuentra el servicio. Por ejemplo: el policlínico se encuentra en la provincia Holguín, municipio Cueto.

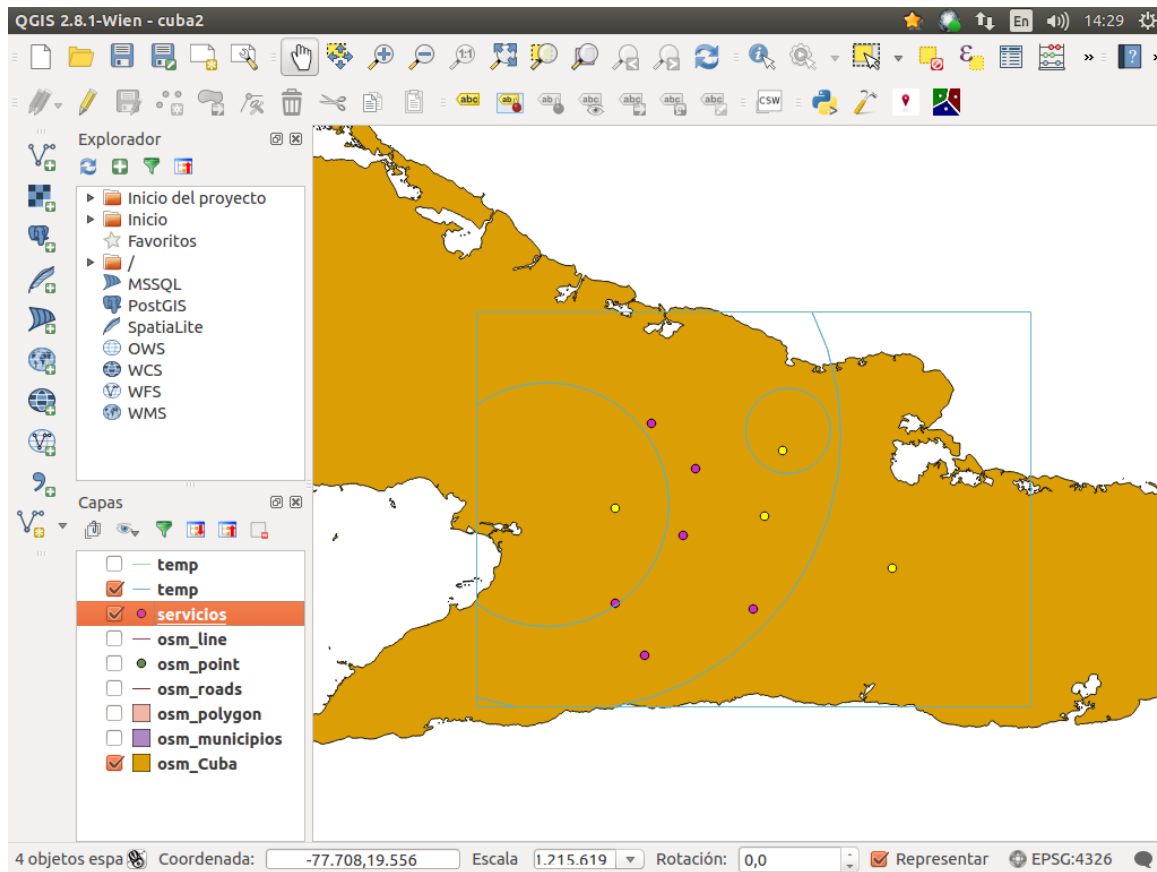


Figura. 19: Dificultades del mapa temático al representar los servicios.

A continuación se presenta los elementos positivos y negativos encontrados en el plugin **Estratificación de territorios** del SIG Quantum GIS.

El sistema tiene las siguientes funcionalidades:

- ✓ Estratificar territorios utilizando indicadores de salud.
- ✓ Importar indicadores estadísticos.
- ✓ Importar características cartográficas.
- ✓ Gestionar base de datos de estratificación.

La siguiente figura muestra, la respuesta dada por el sistema una vez obtenido los indicadores de salud por territorios.

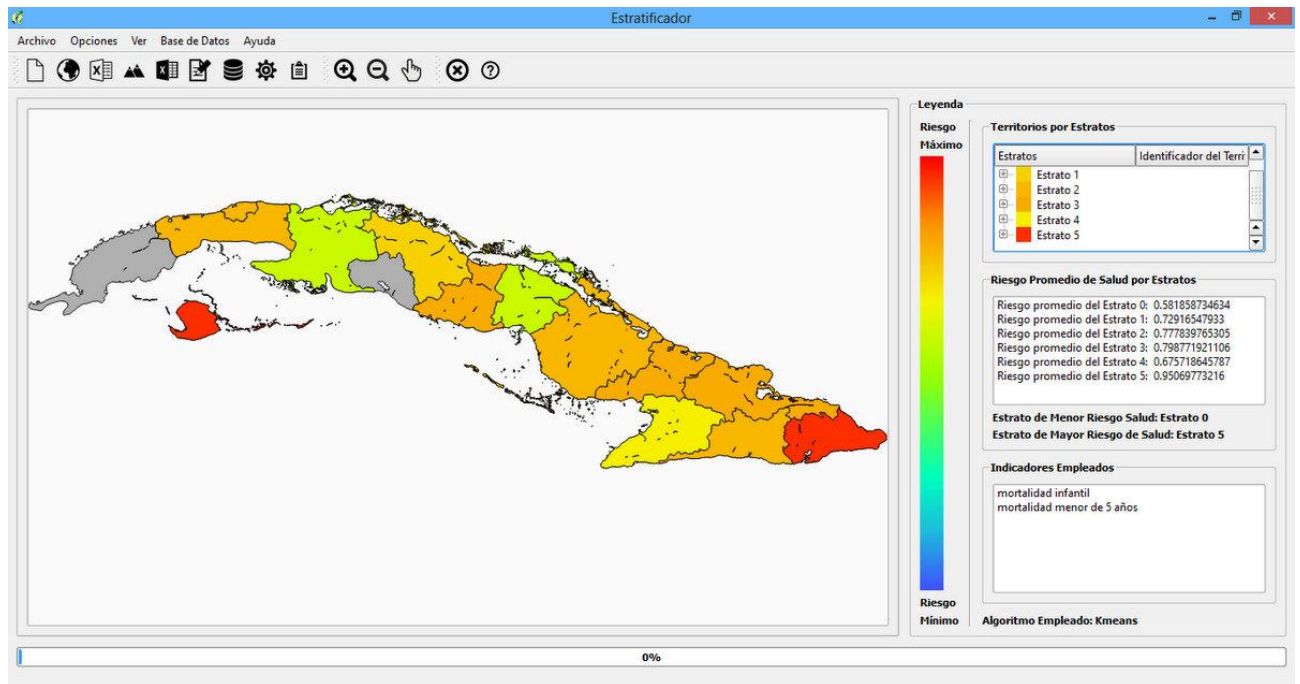


Figura. 20: Indicadores de salud por territorios.

Aspectos positivos:

- La cartografía es actualizada.
- El mapa posee título, leyenda.
- La representación de los elementos gráficos y de diseño en el sistema están correctamente utilizados.
- No existe solapamiento entre las capas.
- Las salidas del sistema son fáciles de comprender.
- El sistema no generó fallos a la hora de localizar los puntos de salud de una determinada región.

Aspectos negativos:

- No se encontraron.

3.7 Conclusiones del capítulo.

La aplicación del método Delphi posibilitó valorar positivamente el procedimiento propuesto en cuanto a los criterios de implantación, flexibilidad, impacto y mérito científico. Mediante la aplicación de pruebas de aceptación al sistema informático se identificaron un total de 15 no conformidades, siendo corregidas todas. La aplicación del procedimiento a los plugins LRSVoronoi y Estratificación de territorios permitió identificar sus aspectos positivos y negativos a partir de la medición de algunos atributos de usabilidad.

CONCLUSIONES GENERALES

Con la realización del presente trabajo de diploma se logró cumplir con los objetivos planteados, obteniéndose una propuesta de procedimiento que establece las pautas a seguir para llevar a cabo la evaluación de la usabilidad en los Sistemas de Información Geográfica. A partir de los resultados obtenidos se concluye que:

- Las metodologías de evaluación de usabilidad existentes presentan limitaciones para aplicarla a los SIG, justificando la necesidad de diseñar un procedimiento para la evaluación de la usabilidad en su desarrollo que tenga en cuenta los atributos de usabilidad grado de atracción, accesibilidad, capacidad de aprendizaje, facilidad de uso, eficiencia, recuerdo en el tiempo y satisfacción por ser los más utilizados en la literatura y así propiciar la aceptación del producto final.
- El procedimiento diseñado propone un conjunto de pasos que sirven como guía para llevar a cabo la evaluación de la usabilidad en SIG desde momentos temprano de desarrollo, definiendo en cada fase que atributo debe ser evaluado.
- El sistema informático desarrollado permite el registro de la información derivada de la aplicación del procedimiento, garantizando así la visualización de los resultados de la evaluación de los SIG, para su uso en la toma de decisiones durante el desarrollo de otros proyectos.
- Con la aplicación del método Delphi se pudo valorar positivamente la propuesta de solución en cuanto a los criterios de implantación, flexibilidad, impacto y mérito científico, lo que significa que puede ser aplicada a los SIG.

RECOMENDACIONES

Una vez concluida la implementación del sistema informático, el cual permite registrar los resultados de la aplicación del procedimiento de evaluación para SIG, se recomienda para futuras investigaciones lo siguiente:

- Implementar un módulo, que permita evaluar la usabilidad haciendo uso de las métricas descritas en la propuesta de solución, u otras a consideración de quienes las establezcan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera Montoya, Lizzet y Acosta Hinojosa, Virgen Yuliet. 2008. **MÉTRICAS ESTANDARIZADAS INTERNACIONALMENTE, PROPUESTAS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS DE SOFTWARE.** Ciudad de La Habana : s.n., 2008.
- Alva Obeso, María Elena. 2005. *Metodología de Medición y Evaluación de la Usabilidad en Sitios Web Educativos, Departamento de Informática, Tesis Doctoral.* 2005.
- Antigarraga, Eneko. *El Método Delphy.* San Sebastian : Facultad de CC.EE y Empresariales. Este Mundaiz, 50 Apartado 1.359.
- Ayuga Tellez, Esperanza. 2008. *S.I.G Definiciones Básicas.* 2008.
- Barbero, Dante A. 2008. *Modelo sistémico para el manejo con SIG de indicadores de calidad de vida.* La Plata, Argentina : s.n., 2008.
- Benítez Acosta, María. abril 2007. *Evaluación de la Usabilidad.* abril 2007.
- Caballero Rodríguez, Katia. 2002. *El concepto de satisfacción en el trabajo y su proyección en la enseñanza.* 2002.
- Cabero Almenara, Julio y Infante Moro, Alfonso. 2014. *EMPLEO DEL MÉTODO DELPHI Y SU EMPLEO EN LA INVESTIGACIÓN EN COMUNICACIÓN Y EDUCACIÓN.* s.l. : EDUTEC Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 2014. ISSN 1135-9250.
- CMMI, Equipo del Producto. *Software Engineering Institute, CMMI para el Desarrollo.*
- Comité Técnico y de Normalización NC/CTN 18 de TI. 2005. *INGENIERÍA DE SOFTWARE— CALIDAD DEL PRODUCTO.* s.l. : Oficina Nacional de Normalización, 2005.
- Community, Professional or Free. *The Most Intelligent python IDE.*
- Constanzo, Marcela Alejandra. 2014. *COMPARACION DE MODELOS DE CALIDAD, FACTORES Y METRICAS EN EL AMBITO DE LA INGENIERIA DE SOFTWARE.* Universidad Nacional de la Patagonia Austral - Unidad Académica Río Gallegos : s.n., 2014.
- CuCutá, San José de. 2014. *Atlas Digital del Ajuste al Plan de ordenación y manejo de la cuenca del Río Pamplonita.* s.l. : Instituto de Estudios Ambientales, 2014.
- Del Pino Moragues, Abel Alejandro y Rivas Franco, Andy José. 2012. *Aplicación de los enfoques del Diseño Centrado en el Usuario.* 2012.
- Días Gutierrez, Edilma, Alarcón Ardana, Andrea y Callejas Cuervo, Mauro. 2013. *Criterios para la Evaluación de Usabilidad en Entornos Virtuales de Aprendizaje.* Colombia : Ventana Informática, 2013. vol 29.

- Domingo, Rius y Cuenca, L. 2012.** *Una revisión sobre el estado del arte en herramientas de modelado basado en UML.* 2012.
- Fallas, Jorge. 2003.** *SISTEMAS INTEGRADOS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA :CONCEPTOS BÁSICOS DE CARTOGRAFÍA.* Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica. : Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre y Escuela de Ciencias Ambientales., 2003.
- Ferré Grau, Xavier.** *Principios Básicos de Usabilidad para Ingenieros Software.* Madrid :. Universidad Politécnica de Madrid, Campus de Montegancedo. : Facultad de Informática.
- Fitzpatrick, R. 2001.** *Strategies for evaluating software usability.* Department of Mathematics, Statistics and Computer Science, Dublin Institute of Technology Ireland. 2001.
- Gauchat, Juan Diego. 2012.** *El gran libro de HTML5, CSS3 Y JavaScript.* 2012.
- Gediga, G., Hambor, K. y Düntsch, I. 1999.** *Evaluation of software systems.* Institut für Evaluation und Marktanalysen Brinkstr. 19 49143 Jeggen, Germany : School of Information and Software Engineering University of Ulster Newtownabbey, BT 37 0QB, N.Ireland, 1999.
- Geoespaciales, Telecentro Regional en Tecnologías.** *Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica.* Bogotá, D. C : Grupo SIG.
- González Duque, Raúl. 2010.** *Python para todos.* España : Autoedición, 2010.
- Hernández Bieliukas, Yosly, Silva Sprock, Antonio y Velázquez Amador, César. 2012.** *Instrumento de Evaluación para Determinar la Calidad de los Objetos de Aprendizaje Combinados Abiertos de tipo Práctica.* Av. Los Ilustres, Los Chaguaramos, Caracas, 1043, Venezuela : Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Unidad de Educación a Distancia, 2012.
- IEEE. 1990.** *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology.* s.l. : IEEE Standards Board, 1990.
- IEEE-1471-2000.** *Documento de Arquitectura de Software.*
- ISO /IEC 14598-5. 1998.** *Information technology — Software product evaluation — Part 5: Process for evaluators.* 1998.
- ISO /IEC 9126-1. 2000.** 2000.
- Juristo, Natalia, Moreno, M Ana y Vega, Sira. Octubre 2006.** *Técnicas de Evaluación de Software.* Octubre 2006.
- Letelier, Patricio.** *Pruebas del Software.* Universidad Politécnica de Valencia : Departamento Sistemas Informáticos y Computación.

- Lorés, J y Granollers, T.** *Esfuerzo de Usabilidad: un nuevo concepto para medir la usabilidad de un sistema interactivo basada en el Diseño Centrado en el Usuario.* University of Lleida GRIHO: HCI research group Avda. Jaume II, 69 +34 973 702720 : s.n.
- McGartland, Berg D y Rauch, S. 2003.** *Objectifying content validity: Conducting a concontent validity study in social work research.* s.l. : Social Work Research,27 (2), 94-104., 2003.
- Mori, Jorge Germán Núñez. 2010.** *USABILIDAD EN METODOLOGÍAS ÁGILES.* s.l. : Universidad Técnica de Madrid. Facultad de Informática, 2010.
- Nielsen. 1993.** *"Usability Engineering". AP Professional.* 1993.
- Nielsen, J. 1994.** *"Usability inspection methods" in Conference Companion on Human Factors in Computing Systems.* ACM: Boston Massachusetts, United States. p. 413-414. : s.n., 1994.
- . **1997.** *The use and misuse of focus groups.* 1997.
- Olaya, Víctor . 2011.** *Sistemas de Información Geográfica.* 2011.
- Olsina, Luis.** *Métricas e Indicadores: Dos conceptos claves para medición y evaluación.*
- Pavón, Juan. 2004.** *Patrones de diseño orientado a objetos.* Universidad Complutense Madrid : Facultad de Informática, 2004.
- Pérez Dima, Yusmary. 2011.** *Evaluación de la Usabilidad de productos software.* Ciudad de la Habana, Cuba : s.n., 2011.
- PRESSMAN, Roger. 1998.** *Ingeniería de Software, Un Enfoque Práctico. Quinta Edición.* 1998.
- Reyes, Javier Mauricio y Libreros, Freddy Alejandro. Diciembre de 2011.** *MÉTODO PARA LA EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA USABILIDAD EN SISTEMAS E-LEARNING.* Colombia : s.n., Diciembre de 2011. ISSN 1900-8260.
- Serón N.** *SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA GESTIONAR LA ACCESIBILIDAD A LA INFORMACIÓN SOBRE CALETA OLIVIA.* Caleta Olivia – Santa Cruz - Argentina : Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEm), Unidad Académica Caleta Olivia - Universidad Nacional de La Patagonia.
- SIABATO, WILLINGTON. 2008.** *Métricas aplicadas a los modelos de calidad: caso de uso en los SIG.* 2008.
- Skjong, Rolf y Wentworth, Benedikte. 2000.** *EXPERT JUDGEMENT AND RISK PERCEPTION.* Hovik, Norway : Det Norske Veritas, 2000. N-1322 .
- Sommerville, Ian. 2005.** *Software Ingeniering, Eighth Edition.* 2005. ISBN 13: 978-0-321-31379-9.

Tolosa, Matías, García, Marcos y Dotti, Vittorio. 2013. *Aplicación web y objeto de aprendizaje para enseñanza de un lenguaje de programación.* Uruguay : Instituto de Ingeniería Eléctrica , 2013.

Torres, Letelier y Sánchez, Emilio. 2003. *Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software.* España : s.n., 2003.

Triviño Perez, Alejandro y Morad, Munid. 2001. *Sistemas de Información Geográfica y Modelizaciones Hidrológicas:Una aproximación alas ventajas de su aplicación.* Valenciana : Instituto Nacional de Geografía, 2001.

Visconti, Marcelo y Astudillo, Hernán. *Fundamentos de Ingeniería de Software.* Universidad Técnica Federico de Santa María : s.n.

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 16: Historia de usuario: Registrar persona.

Historia de usuario	
Número:1	Nombre historia de usuario: Registrar persona
Usuario: Cliente	
Prioridad en negocio: alto	Riesgo en desarrollo: alto
Puntos estimados:1	Iteración asignada:1
Programador responsable: Addel A. Rodríguez Enamorado y Yasmaly Prieto Carmona	
Descripción: permite registrar una persona para la administración del sistema.	
Observaciones:	

Tabla 17: Historia de usuario: Autenticar usuario.

Historia de usuario	
Número:2	Nombre historia de usuario: Autenticar usuario
Usuario: Cliente	
Prioridad en negocio: alto	Riesgo en desarrollo: alto
Puntos estimados:1	Iteración asignada:1
Programador responsable: Addel A. Rodríguez Enamorado y Yasmaly Prieto Carmona	
Descripción: permitir el acceso al sistema por parte de los administradores, la modificación de su perfil de usuario, así como el cambio de contraseña.	
Observaciones:	

Tabla 18: Historia de usuario: Gestionar atributos.

Historia de usuario	
Número:5	Nombre historia de usuario: Gestionar atributos
Usuario: Cliente	
Prioridad en negocio: alto	Riesgo en desarrollo: alto
Puntos estimados:1	Iteración asignada:2
Programador responsable: Addel A. Rodríguez Enamorado y Yasmaly Prieto Carmona	
Descripción: permite adicionar atributos para una fase, eliminar, modificar, visualizar y buscar los atributos de una fase y exportar los datos en archivos csv.	
Observaciones:	

Tabla 19: Historia de usuario: Gestionar medida

Historia de usuario	
Número:6	Nombre historia de usuario: Gestionar medida
Usuario: Cliente	
Prioridad en negocio: alto	Riesgo en desarrollo: alto
Puntos estimados:1	Iteración asignada:3
Programador responsable: Addel A. Rodríguez Enamorado y Yasmaly Prieto Carmona	
Descripción: permite adicionar medidas para un atributo, eliminar, modificar, visualizar y buscar las medidas de un atributo y exportar los datos en archivos csv.	
Observaciones:	

Tabla 20: Historia de usuario: Gestionar resultados.

Historia de usuario	
Número:7	Nombre historia de usuario: Gestionar resultados
Usuario: Cliente	
Prioridad en negocio: alto	Riesgo en desarrollo: alto
Puntos estimados:1	Iteración asignada:3
Programador responsable: Addel A. Rodríguez Enamorado y Yasmery Prieto Carmona	
Descripción: permite adicionar los resultados de la medida aplicada a un atributo, eliminar, modificar, visualizar y buscar los resultados de las medidas y exportar los datos en archivos csv.	
Observaciones:	

Anexo 2

Tabla 21: Tarjeta CRC para la clase Atributo.

Clase: Atributo	
Responsabilidad	Colaboración
Permite buscar, guardar, registrar, modificar, visualizar, exportar y eliminar información referente a los atributos	Medida, default, layout.

Tabla 22: Tarjeta CRC para la clase Medida.

Clase: Medida	
Responsabilidad	Colaboración
Permite buscar, guardar, registrar, modificar, visualizar, exportar y eliminar información referente a las medidas	Resultados, default, layout.

Tabla 23: Tarjeta CRC para la clase Resultado.

Clase: Resultado	
Responsabilidad	Colaboración
Permite buscar, guardar, registrar, modificar, visualizar, exportar y eliminar información de los sistemas a evaluar.	Medida, default, layout.

Anexo 3

Caso de prueba de Aceptación	
Código:HU1_P1	Historia de Usuario:1
Nombre: Registrar persona	
Descripción: Prueba para la funcionalidad Registrar persona	
<p>Condiciones de Ejecución: El usuario debe dar clic en el botón Entrar para autenticarse.</p> <p>El usuario debe llenar los campos correspondientes y dar clic en el botón Entrar.</p> <p>El sistema valida los datos y comienza sesión.</p> <p>El usuario debe dar clic en el botón Registrarse.</p> <p>El usuario debe llenar los campos correspondientes y dar clic en el botón Registrarse.</p> <p>El sistema valida los datos</p>	
Resultado esperado: inserta los datos de una persona satisfactoriamente en el sistema.	
Evaluación de la prueba: satisfactoria.	