

Instituto Politécnico Nacional

Centro de Investigación en Computación

Información geográfica voluntaria para
la actualización y validación de conjuntos
de datos geoespaciales

T E S I S

Que para obtener el grado de:

Maestría en Ciencias de la Computación

P R E S E N T A :

Ing. Jonathan Vazquez Oropeza

Directores de Tesis:

Dr. Marco Antonio Moreno Ibarra

Dr. Miguel Jesús Torres Ruíz

México, D.F., Enero 2016





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D.F. siendo las 10:00 horas del día 02 del mes de diciembre de 2015 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del:

Centro de Investigación en Computación

para examinar la tesis titulada:

“Información geográfica voluntaria para la actualización y validación de conjuntos de datos geoespaciales”

Presentada por el alumno:

VAZQUEZ
Apellido paterno

OROPEZA
Apellido materno

JONATHAN
Nombre(s)

Con registro:

B	1	3	0	1	3	0
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA Directores de Tesis

Dr. Marco Antonio Moreno Ibarra

Dr. Miguel Jesús Torres Ruiz

Dr. Sergio Suárez Guerra

Dr. José Giovanni Guzmán Lugo

M. en C. Sergio Sandoval Reyes

M. en C. Sandra Dinora Orantes Jiménez

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Luis Alfonso Villa Vargas





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de **México** el día **14** del mes **Diciembre** del año **2015**, el (la) que suscribe **Jonathan Vazquez Oropeza** alumno del Programa de **Maestría en Ciencias de la Computación** con número de registro **B130130**, adscrito al **Centro de Investigación en Computación** manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **Dr. Marco Antonio Moreno Ibarra** y del **Dr. Miguel Jesús Torres Ruíz**, y cede los derechos del trabajo titulado **Información geográfica voluntaria para la actualización y validación de conjuntos de datos geoespaciales**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **jonathan90@outlook.com** .Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Jonathan Vazquez Oropeza

Nombre y firma

Resumen

La Información Geográfica Voluntaria (VGI, por sus siglas en inglés) es el término empleado para describir la actividad que puede realizar cualquier persona al proporcionar y modificar información geográfica a través de una aplicación Web, esto pretende subsanar el problema de falta de datos geográficos, ya que pueden existir un gran número de colaboradores. Sin embargo, existe incertidumbre sobre la veracidad, actualidad y exactitud de los datos VGI, dado el enfoque que se utiliza, pudiendo originar deficiencias. En este contexto, la calidad de los datos se define por el valor de los mismos para una aplicación o propósito en específico.

Este trabajo propone el diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfica Web denominado *Geodemos*, en donde cualquier persona puede de forma voluntaria capturar, editar y consultar datos geoespaciales. En este caso, un usuario de *Geodemos* tiene acceso para registrar una unidad económica como un punto geográfico, y puede agregar atributos. Asimismo el usuario puede consultar y editar sobre el mapa las unidades económicas que otros usuarios registraron.

Además, *Geodemos* cuenta un mecanismo para evaluar la calidad de los datos mediante un método de evaluación multicriterio, el cual considera tres criterios: *calidad percibida por el usuario*, *precisión en las coordenadas por el usuario* y *el nivel de usuario*; el método de evaluación se basa en lógica difusa, y es denominado *Evaluador Difuso Multicriterio (EDM)*.

Para mostrar la utilidad de *Geodemos*, como caso de estudio se utilizó el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el cual proporciona información sobre los establecimientos con actividad económica en México. Se considero usar el DENUE debido a la gran dinámica que tiene esta capa y a la precisión en atributos y coordenadas que puede ser mejorada usando este enfoque. Para este proyecto se utilizó lenguajes de programación *HTML*, *CSS*, *JavaScript* y *Java*; mientras que para el manejo de los datos geográficos *OpenLayers*, *Geoserver* y *PostGIS*.

Abstract

The Volunteered Geographic Information (VGI, for short) is the term used to describe the activity that can make any person to provide and modify geographic information through a Web application, it aims to overcome the problem of lack of geographic data, as there may be a large number of collaborators. However, there is uncertainty about the timeliness and accuracy of data VGI, given the approach used, can cause deficiencies. In this context the quality of the data is defined by the value thereof for a specific application or purpose.

This project proposes the design and implementation of a Geographic Information System called Geodemos Web, where anyone can voluntarily capture, edit and query geospatial data. In this case, a user has access to Geodemos for register an economic unit as a geographical point, and can add attributes too. Also the user can view and edit on the map economic units registered by others users.

In addition, Geodemos has a mechanism to evaluate the quality of the data using a multi-criteria evaluation method, which considers three criteria: *quality perceived by the user, precise coordinates by the user and user level*; the evaluation method is based on fuzzy logic, and is called *Fuzzy Multicriteria Evaluation* (abbreviated to EDM in Spanish).

To show the usefulness of Geodemos, as a case study the National Statistics Directory of Economic Units (abbreviated to DENUE in Spanish) of the National Institute of Statistics and Geography (abbreviated to INEGI in Spanish) was used, which provides information on establishments with economic activity in Mexico. It considers using DENUE due to the large dynamic with this layer and accuracy attributes and coordinates can be improved using this approach. Languages HTML, CSS, JavaScript and Java programming was used for this project; while that for managing geographic data OpenLayers, Geoserver and PostGIS.

Agradecimientos

Mamá

Sin ti, esto no sería posible. Nunca habrá forma de terminar de expresar lo agradecido que estoy contigo. Gracias.

Jacob y Abel

El que se cruzaran en mi camino y su motivación fue un factor importante para iniciar esta etapa, gracias por los consejos, las palabras de ánimo y su amistad.

Dr. Marco y Dr. Miguel

Gracias por su apoyo incondicional y por formar parte de esto, pero más aún por fomentar una nueva visión en mi vida profesional.

Profesores del CIC

El compartir su conocimiento es algo invaluable, toda mi vida les estare agradecido.

Amigos del CIC

Hicieron que cada momento de esta etapa fuera algo especial. Gracias por su amistad y hermandad.

Familia

Yo siempre estaré más orgulloso de ustedes. Gracias por el apoyo y las palabras de aliento.

Amigos

Gracias por el apoyo y por los momentos de diversión que hacen la vida más placentera.

Lucy

Gracias por entrar en mi vida a la par de esta etapa. Gracias por compartir tu vida conmigo.

Gracias al **Instituto Politécnico Nacional** por todo lo que me ha permitido lograr en mi vida profesional, al **Centro de Investigación en Computación** y a las personas que hacen posible que funcione, al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** y al programa **BEIFI** del **IPN** por el apoyo en la realización de este trabajo.

Índice

Resumen	i
Abstract	iii
Agradecimientos	v
Índice.....	vii
Índice de figuras.....	xiii
Índice de tablas	xv
1. Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Hipótesis.....	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos particulares	6
1.5 Alcance del trabajo	6
1.6 Organización de la tesis	7
2. Estado del arte	9
2.1 Antecedente histórico.....	9
2.2 Tecnologías que permitieron el auge de VGI.....	10
2.2.1 La Web 2.0	10
2.2.2 Georreferenciación y GPS	11
2.2.3 Geoetiquetas.....	12
2.2.4 Internet	12

2.3 Neogeografía.....	12
2.4 Información Geográfica Voluntaria (VGI).....	13
2.4.1 Neogeografía vs VGI.....	14
2.4.2 Humanos como sensores, ciencia ciudadana	14
2.4.3 Motivos para participar en VGI.....	15
2.5 Calidad de VGI.....	17
2.6 Validación VGI	18
2.6.1 Enfoques de Rak.....	18
2.6.2 Enfoques del Goodchild & Li.....	20
2.7 Sistemas que utilizan un enfoque VGI	21
2.7.1 Wikimapia	21
2.7.2 Geo-Wiki.....	22
2.7.3 MoCoMapps.....	23
2.7.4 OpenStreetMap (OSM)	23
2.7.5 Google Map Maker	25
2.7.6 Waze.....	25
2.8 Discusión	26
3. Marco teórico.....	27
3.1 Sistema de Información Geográfica (GIS)	27
3.2 Herramientas para la implementación de la aplicación Web.....	28
3.2.1 Base de datos espaciales: PostGIS	28
3.2.2 Servidor de mapas: Geoserver	29

3.2.3 Open Layers.....	29
3.2.4 HTML5	29
3.2.5 JavaScript	29
3.3 Evaluación multicriterio	30
3.3.1 ¿Qué es EMC?	30
3.3.2 Enfoques de EMC.....	30
3.3.3 Componentes de EMC.....	31
3.4 Métodos de EMC.....	32
3.4.1 Método de las Jerarquías Analíticas	32
3.4.2 Método basado en Lógica Difusa.....	33
3.5 Discusión	36
4. Metodología	37
4.1 Consideraciones.....	38
4.1.1 Identificación de actores.....	41
4.2 Etapa Manipulación de datos geoespaciales	41
4.2.1 Captura de una nueva unidad económica	42
4.2.2 Edición de una unidad económica existente	42
4.2.3 Eliminar una unidad económica existente.....	43
4.3 Etapa de Validación de VGI	43
4.3.1 Criterios.....	43
4.3.2 Método de evaluación multicriterio: Evaluador Difuso Multicriterio.....	45
4.3.3 Obtención de promedio de calidad	46

4.3.4 Validación por parte de un Administrador	46
4.4 Diseño del Evaluador Difuso Multicriterio (EDM)	46
4.4.1 Definición de entradas y salida del EDM	46
4.4.2 Definición de la fusificación	49
4.4.3 Definición de defusificación	52
4.5 Implementación del Evaluador Difuso Multicriterio	53
4.6 Etapa de visualización	57
4.6.1 Consideraciones	57
4.6.2 Alta de una unidad económica	58
4.6.3 Modificación de una unidad económica	58
4.6.4 Eliminar una unidad económica	59
4.6.5 Evaluar criterios una unidad económica	59
4.6.6 Validar una unidad económica	60
4.7 Discusión	61
5. Pruebas y resultados	63
5.1 Requerimientos	63
5.1.1 Identificación de actores	63
5.1.2 Identificación de escenarios	63
5.1.3 Casos de uso	65
5.1.4 Diagrama de casos de uso	65
5.1.5 Identificación inicial de objetos de análisis	65
5.1.6 Identificación de requerimientos no funcionales	66

5.2	Análisis	66
5.2.1	Identificación de objetos entidad, de objetos frontera y de objetos control.....	66
5.2.2	Diagramas de secuencia.....	66
5.2.3	Identificación de asociaciones y atributos	66
5.3	Diseño	67
5.3.1	Identificación de los objetivos de diseño.....	67
5.3.2	Identificación de subsistemas	68
5.3.3	Administración de datos persistentes	69
5.3.4	Control de acceso y seguridad	69
5.3.5	Condiciones de frontera.....	70
5.4	Escenarios de prueba del Evaluador Difuso Multicriterio.....	71
5.5	Escenarios de prueba de evaluaciones por varios usuarios.....	75
5.6	Interfaz de Geodemos	77
5.7	Discusión	81
6.	Conclusiones.....	83
6.1	Conclusiones	83
6.2	Aportaciones	84
6.3	Limitaciones	84
6.4	Trabajo a futuro	85
	Referencias.....	87
	Anexo 1: Casos de uso	93
	Anexo 2: Identificación inicial de objetos de análisis.....	99
	Anexo 3: Identificación de objetos frontera y objetos control.....	101

Anexo 4: Diagramas de secuencia 107

Índice de figuras

Figura 2.1 Extracto del mapa en donde se esboza América	10
Figura 2.2 Posicionamiento GPS	11
Figura 2.3 Ejemplo de geoetiqueta	12
Figura 2.4 Método BOM	19
Figura 3.1 Modelo heurístico de un GIS.....	28
Figura 3.2 Un conjunto en lógica clásica	33
Figura 3.3 Un conjunto en lógica difusa.....	34
Figura 3.4 Etapas de un controlador difuso	35
Figura 4.1 Etapas de la metodología.....	37
Figura 4.2 Elementos involucrados en el sistema Web-GIS Geodemos	38
Figura 4.3 Etapas de la metodología.....	40
Figura 4.4 Funciones de membresía para calificaciónAtributos	47
Figura 4.5 Funciones de membresía para calificaciónPosicion.....	48
Figura 4.6 Funciones de membresía para nivelUsuario	48
Figura 4.7 Funciones de membresía para calidad.....	49
Figura 4.8 Métodos de defusificación.....	52
Figura 5.1 Diagrama de casos de uso del sistema.....	65
Figura 5.2 Diagrama de Clases del sistema	67
Figura 5.3 Diagrama de subsistemas	68
Figura 5.4 Defusificación del caso de prueba 1	71

Figura 5.5 Defusificación del caso de prueba 2	72
Figura 5.6 Defusificación del caso de prueba 3	73
Figura 5.7 Defusificación del caso de prueba 4	73
Figura 5.8 Defusificación del caso de prueba 5	74
Figura 5.9 Defusificación del caso de prueba 6	75
Figura 5.10 Pantalla de inicio	77
Figura 5.11 Descripción de Geodemos	77
Figura 5.12 Formulario para registro de usuario	78
Figura 5.13 Visualización de unidades económicas	78
Figura 5.14 Captura y edición de unidades económicas.....	79
Figura 5.15 Evaluación de unidades económicas	79
Figura 5.16 Validación de unidades económicas por el Administrador.....	80

Índice de tablas

Tabla 4.1 Rangos para: Calidad percibida por el usuario	44
Tabla 4.2 Rangos para: Precisión en las coordenadas por el usuario	44
Tabla 4.3 Rangos para: Nivel de Usuario	45
Tabla 4.4 Rangos para: Calidad	45
Tabla 4.5 Reglas de inferencia diseñadas	51
Tabla 5.1 Caso de prueba 1	71
Tabla 5.2 Caso de prueba 2	72
Tabla 5.3 Caso de prueba 3	72
Tabla 5.4 Caso de prueba 4	73
Tabla 5.5 Caso de prueba 5	74
Tabla 5.6 Caso de prueba 6	74
Tabla 5.7 Promedio obtenido por 5 evaluaciones	76

1. Introducción

El interés y la curiosidad del ser humano por explorar y adquirir conocimientos del territorio que lo rodea siempre han sido algo esencial en su instinto de supervivencia, ya sea para estar consciente de los riesgos que le acechan así como de los beneficios que puede obtener. Pero el grado de poder tomar ventaja de este conocimiento va ligado a qué tanto un ser humano sea capaz de analizar y comprender esta información geográfica, y por ello ha estado restringida a un reducido grupo de personas profesionales que se han especializado para entender los diferentes conceptos técnicos que implica la geografía y sus ramas (Hansesn 2012).

Esto trae como consecuencia que el adquirir, agrupar y analizar la información geográfica resulte difícil en dos aspectos: 1) en el que al ser un grupo reducido de participantes, impide que se pueda abarcar un área territorial más extensa, y ello a su vez conlleva situaciones como costo en tiempo de traslado y el tener que familiarizarse con el territorio que se vaya a estudiar. 2) para tener más personas especializadas que manejen la parte técnica, requiere tiempo y gastos de capacitación.

Por otra parte, se puede considerar al gran grupo de personas que no son especialistas en geografía, pero tienen conocimientos locales sobre una región, es decir, una persona que ha vivido en una zona en específico, puede aportar información geográfica relevante que ha adquirido por su experiencia y de manera empírica a través de la observación. El *crowdsourcing* (Wilson & Graham 2013), es un término anglosajón utilizado para describir al poder de la multitud, es decir, muchas personas se unen para realizar alguna tarea que en algún momento solo era de interés para algunos especialistas. Entonces este gran grupo de personas no especialistas, tienen la capacidad de dar su aporte de información geográfica para distintos fines.

Gracias a la penetración y difusión del Internet y diferentes herramientas tecnológicas, hoy en día las personas se encuentran más conectadas que nunca y el intercambio de información se ha convertido en algo cotidiano y transparente. Esto ha sido aprovechado por algunas personas para generar Sistemas de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) en los cuales en conjunto con *crowdsourcing* han permitido que el gran problema de la adquisición de los datos geoespaciales, ahora tenga una alternativa de solución, ya que hay más personas dispuestas a

colaborar porque cuentan con las herramientas a su alcance (Computadoras, Internet, GPS) a pesar de ser o no especialistas (Goodchild 2007a).

Es así como Michael F. Goodchild, profesor del Departamento de Geografía de la Universidad de California, acuñó el término de Información Geográfica Voluntaria (VGI, por sus siglas en inglés) como la actividad que hace uso de la Web para adquirir, almacenar y distribuir información geográfica proporcionada por personas de manera voluntaria (Goodchild 2007b).

Dentro del área de investigación y desarrollo de un GIS, es primordial contar con datos precisos y validados sobre las zonas geográficas de interés, es decir, se requiere calidad en los datos. El énfasis en tener datos de calidad radica en el hecho de que son la base para un GIS; si los datos no son de calidad, el análisis posterior realizado por el GIS sería inservible o no funcional para el fin que fue desarrollado (Goodchild & Glennon 2010).

El tener a un gran grupo de personas que proporcionen VGI trae consigo un nuevo inconveniente, que es la cuestionable calidad de los datos, es decir, la utilidad para una aplicación, la precisión geográfica y los atributos del punto de interés. El contar con profesionales para la recolección de datos garantiza que se obtendrán datos geoespaciales con cierta calidad, ya que son personas capacitadas las que realizan el trabajo y conocen la parte técnica; pero caso contrario no se puede decir lo mismo para VGI. Es por esto que un gran reto para un GIS que haga uso de VGI es contar con un mecanismo de validación que garantice calidad en los datos que son proporcionados por las personas en general. Entre las opciones para establecer este mecanismo Michael F. Goodchild establece tres enfoques que pueden asegurar la calidad. El primero consiste en que usuarios evalúan a otros usuarios. El segundo se basa en la jerarquía, donde administradores tienen privilegios para validar la calidad de los datos. Y el último enfoque es el geográfico que se basa en la comparación de un supuesto geográfico con el conocimiento geográfico que se considera un hecho (Goodchild & Li 2012).

El caso estudio para esta investigación se basa en el DENU de la Ciudad de México, este ofrece información sobre la identificación y ubicación de todos los establecimientos activos en el territorio nacional, de acuerdo a los datos recabados durante la Actualización de Unidades Económicas 2013 por el INEGI y es considerada una herramienta esencial para la toma de decisiones en los ámbitos público y privado. Dada su naturaleza resulta muy útil emplear un enfoque de VGI para incrementar la calidad de los datos.

1.1 Planteamiento del problema

Hasta este punto se habló de que el principal problema para el análisis de información geográfica es la adquisición de la misma. VGI es una buena alternativa para poder recabar en mayor cantidad información geográfica, pero aún falta resolver el problema de la calidad.

Enfocándose en el caso de estudio del DENU, este actualmente cuenta con un portal Web interactivo en donde un usuario registrado puede llevar a cabo la actualización de datos de alguna unidad económica propia. Esta actualización de datos es enviada al INEGI y el mismo se encarga de su validación.

El problema consiste en que no se tiene un método de validación donde también los mismos usuarios puedan participar, es decir, el método de validación es llevado a cabo por un grupo de especialistas del INEGI, lo cual puede tener algunas repercusiones como el hecho de que no se pueda cubrir la demanda de actualizaciones que requieren ser validadas y también la validación se cierra al conocimiento de personas especializadas y están descartando el conocimiento local de los usuarios que podrían colaborar.

Es por esto que se requiere establecer un mecanismo de validación con un enfoque social y jerárquico, en donde todos puedan ser partícipes a través de una serie de reglas y procedimientos establecidos para cada tipo de usuario dentro de la jerarquía y de acuerdo con las funciones que puede desempeñar. Los usuarios validarán una serie de criterios para cada unidad económica y mediante una técnica de evaluación multicriterio basada en lógica difusa se obtendrá un promedio de la calidad.

Con base en lo dicho anteriormente se puede establecer el siguiente cuestionamiento: ¿de qué manera se pueden recabar datos geográficos con un enfoque de VGI, en donde se garantice la calidad de los datos y donde se pueda tener control sobre los procesos (creación, actualización/modificación) que los colaboradores aplican?

1.2 Justificación

El hecho de que para las personas es más fácil tener acceso a la Web, debería considerarse como una oportunidad para llevar a cabo proyectos colaborativos que sean para beneficio de la sociedad.

Aunado a esto, gracias a las tecnologías actuales como lo son bases de datos espaciales, servidores de mapas, software para análisis espacial y demás herramientas para desarrollo Web es posible crear sistemas de tipo GIS en la Web, al que gran cantidad de personas en cualquier parte del mundo pueden tener acceso.

El desarrollo de este proyecto que considera como caso de estudio al DENUE, busca tomar toda esta fuerza de colaboración de las personas en conjunto con las herramientas actuales, para que mediante el desarrollo de un GIS y el mecanismo de evaluación, se pueda mantener datos actualizados y de calidad, correspondientes a las unidades económicas de la Ciudad de México.

Hasta ahora el portal Web del DENUE no permite una validación colaborativa, y es en este punto donde este proyecto busca sobresalir, estableciendo el método de evaluación multicriterio tomando como base los enfoques planteados por Michael F. Goodchild (Goodchild & Li 2012).

La ventaja de usar un enfoque de este tipo como una alternativa para obtener datos, a un costo menor que los enfoques tradicionales, generalmente basados en encuestas. Este tipo de enfoques tiene las siguientes oportunidades para diversas áreas:

- Investigación. La UCGIS.org y el proyecto *Varenious*, involucraron el espíritu colaborativo en su agenda, identificando problemas como GIR, *crowdsourcing*, Web semántica geoespacial integración, GeoWeb 2.0, etc. Se han presentado en eventos de impacto en computación y GIS, como GIScience (www.giscience.org), en una edición reciente se mostraron trabajos relacionados con VGI y áreas afines, representando el 25.6 %. En 2012 se hizo el Primer Taller Internacional en Información Geográfica Colaborativa y Voluntaria (GEOCROWD) dentro de la *ACM SIGSPATIAL GIS Conference*, agrupándose en minería de datos de contenido generado por el usuario, datos cualitativos y semántica y herramientas, modelos y privacidad (Goodchild et al. 2013).

- Sociedad. Contar con herramientas que permitan al Gobierno tener información oportuna, cambiando el rol de los usuarios, ya que se convierten de consumidores a productores de datos; lo cual genera importantes ventajas con respecto a enfoques tradicionales especialmente en cuanto a la rapidez, costo y el volumen de reportes que se pueden obtener.
- Industria. Tiene un gran impacto, tal como lo cita el informe Forrester Research, en donde se estimó que empresas como McDonalds y General Motors gastaron \$ 4.6 millones de millones de dólares en 2013 (Singer 2008). Por lo que representa que es de gran importancia abordar estos temas, para incorporar esta clase de trabajos, que resultan atractivos para la industria, debido a las tecnologías que se emplean.

1.3 Hipótesis

Mediante el diseño y la implementación de un Web-GIS se puede llevar a cabo la adquisición de los datos geoespaciales y atributos correspondientes a las unidades económicas. Para ello se provee una interfaz en la cual la persona colaboradora agregue los datos que haya recolectado.

Los colaboradores no solo pueden agregar nuevos datos, sino tendrán la posibilidad de evaluar ciertos criterios de las unidades económicas. Una vez que los datos sean enviados pasarán por un proceso de validación multicriterio. Se utiliza un método de evaluación multicriterio basado en lógica difusa para tener una evaluación certera de la calidad percibida por los usuarios al realizar la evaluación de cada unidad económica. Para tener mayor control se impone una jerarquía en donde hay un administrador que tendrá el control sobre los demás usuarios y ciertos privilegios.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar y desarrollar los métodos asociados a un Web-GIS para recopilación, edición y evaluación multicriterio de Información Geográfica Voluntaria.

1.4.2 Objetivos particulares

- Analizar el estado del arte en los temas relacionados.
- Diseñar e implementar una aplicación Web-GIS que permita a los usuarios, proporcionar datos geoespaciales y atributos correspondientes a las unidades económicas.
- Diseñar e implementar los métodos para que un usuario realice modificaciones sobre la información de las unidades económicas que ya se tienen en el sistema.
- Diseñar e implementar el mecanismo para que un usuario evalúe los criterios de entrada de una unidad económica y mediante la ejecución de un método de evaluación multicriterio basado en lógica difusa, se obtenga un valor de salida que refleje la calidad evaluada.
- Implementar perfiles de usuario para acceder al sistema y establecer las reglas de edición y/o privilegios respectivos para cada uno de ellos.

1.5 Alcance del trabajo

El prototipo de *Geodemos* desarrollado permitirá a cualquier usuario poder proporcionar información sobre unidades económicas en la Ciudad de México y a su vez el sistema permita generar validación de los datos que se proporcionan con el objetivo de asegurar la calidad de los mismos.

Para este proyecto se utiliza una aplicación Web 2.0, basada en los lenguajes de programación *HTML*, *CSS*, *JavaScript* y *Java*. Para la parte del manejo de los datos geográficos se utilizan herramientas especializadas como *OpenLayers*, *Geoserver* y *PostGIS*. El hecho de que sea una aplicación Web, el usuario no se ve forzado a tener que instalar un programa de escritorio, ya que se accede a la aplicación desde un navegador Web con conexión a Internet; lo cual proporciona mayor facilidad de uso y al alcance de más usuarios.

El desarrollo de este proyecto da inicio a contar con plataforma en la Web que permite la recolección masiva de datos geoespaciales, y a su vez mitigar el problema del aseguramiento de la calidad de los datos, a través del método de evaluación multicriterio. Para ellos los criterios serán establecidos de manera inherente al sistema y el usuario se limitará a ejercer una evaluación sobre cada uno. Se cuenta con una interfaz simple que permita al usuario un manejo intuitivo y simple.

El método de evaluación basado en lógica difusa, consiste en el diseño e implementación del *Evaluador Difuso Multicriterio* (EDM) el cual solo considera específicamente tres criterios de entrada: *calidad percibida por el usuario*, *precisión en las coordenadas por el usuario* y *el nivel de usuario*; y como salida la calidad resultante. El EDM no es modificable de manera dinámica, pero si es escalable, lo que permite que con el uso y optimización del sistema *Geodemos*, se pueda modificar el evaluador para agregar nuevos criterios de evaluación.

1.6 Organización de la tesis

Los siguientes capítulos se organizan de esta forma: en el Capítulo 2, se describe el Estado del arte, presentando los trabajos relacionados. El Capítulo 3, presenta el marco teórico de esta investigación. La metodología de la investigación y los elementos asociados a la misma se muestran en el Capítulo 4. Las pruebas efectuadas y los resultados obtenidos con el prototipo desarrollado se presentan en el Capítulo 5. El Capítulo 6, presenta conclusiones finales de la tesis y la discusión de trabajo a futuro.

2. Estado del arte

En este capítulo se describen los principales trabajos relacionados con el enfoque de VGI y a la validación de datos. En adición, se describen algunos sistemas desarrollados que siguen dicho enfoque.

Al final se establece un punto de comparación entre los proyectos mencionados y el proyecto desarrollado en este trabajo.

2.1 Antecedente histórico

En 1507 el geógrafo y cartógrafo Martin Waldseemüller realizó el primer trazo que describía el contorno de un nuevo continente, en aquel entonces, que habría llamado América (Figura 2.1).

Al parecer Waldseemüller se vio influenciado por los relatos conocidos como “La Carta a Soderini” creada por Américo Vespucio en donde narraba las travesías transcontinentales, y quien en honor a Américo, nombraría América al nuevo continente debido a la forma femenina que describía el esbozo del continente (Goodchild 2007b).

Este esbozo del nuevo continente formaría parte del mapa creado por Waldseemüller llamado “*Universalis Cosmographia*” que con el paso del tiempo de manera autoritativa se consideró el nombre de América como el nombre oficial.

Este simple acto refleja una huella que con el paso del tiempo se convertiría en un fenómeno, en donde más y más personas compartan el sentimiento en la creación de información geográfica.

Otro concepto relacionado es *contenido generado por usuario* (UGC, por sus siglas en inglés) es cualquier tipo de contenido como *blogs, wikis, foros de discusión, post, chats, tweets, podcast, imágenes, video, audio* y cualquier otra forma de medios de contenido creada por usuarios en un sistema online para que estén disponibles mediante un sitio *Web* (Moens, Li & Chua 2014).

2.2.2 Georreferenciación y GPS

La georreferenciación es la habilidad para especificar un lugar en la superficie de la Tierra mediante su longitud y latitud, y referidas a un sistema de coordenadas geográficas haciendo uso de diferentes sistemas que se encargan de realizar los cálculos para determinar la posición (Hackeloeer et al. 2014).

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) es un sistema para medir la posición sobre la superficie de la Tierra. El GPS hace uso de al menos tres satélites; cada satélite conoce su posición exacta, el GPS determina la distancia a la que se encuentra cada satélite de acuerdo al tiempo en que tarda en recibir una señal de cada uno. El GPS conociendo la distancia y posición de cada satélite traza un círculo de intersección en donde se determina la posición (Figura. 2.2) (Pileggi 2013).

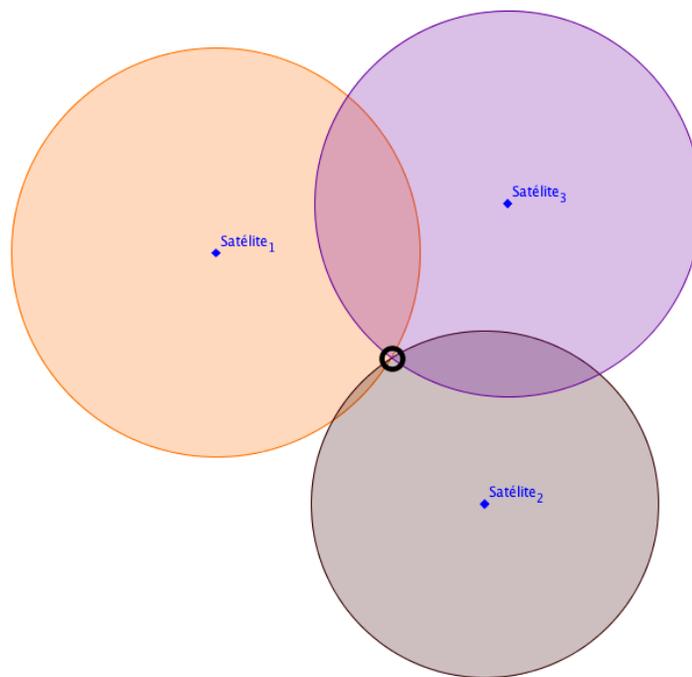


Figura 2.2 Posicionamiento GPS

2.2.3 Geoetiquetas

Las geoetiquetas (*geotags* en inglés) es un código estandarizado que se inserta en la información con el objetivo de indicar que pertenece a una ubicación geográfica (Figura 2.3). Esto permite tener un mayor control y facilidad al momento de visualizar datos geográficos (Goodchild 2007b).



Figura 2.3 Ejemplo de geoetiqueta

2.2.4 Internet

VGI sería imposible sin la existencia de Internet. Internet es la red global descentralizada de comunicaciones que incluyen redes alámbricas e inalámbricas haciendo uso del protocolo TCP/IP (Castells 2001).

2.3 Neogeografía

La Neogeografía es el uso de técnicas y herramientas geográficas para las actividades personales y colaborativas realizadas por un grupo de personas no expertas (Flanagin & Metzger 2008). Es un término que fue usado ya hace mucho tiempo, y es más antiguo que la propia definición de VGI pero marca la pauta para el entendimiento de lo que prosigue.

Este término fue usado por primera vez en 1922 por el *Yearbook* del *Carnegie Institution* de Washington en el siguiente comentario... "La paleografía es un campo tan amplio que solo se

puede definir en los términos de la Neogeografía". Este comentario sugiere desde un principio que estaba surgiendo un nuevo campo el cual no entra del todo en el campo estricto académico de la geografía.

Es hasta 2006 que el término de Neogeografía es oficialmente introducido en el *Weblog* de Randall Szott (Rana & Joliveau 2009), que la describe como el conjunto de prácticas que no siguen los regímenes científicos, si no tratan de ser más intuitivos, expresivos, personales, absurdos y artísticos; aunque estas prácticas no estén permitidas en las ciencias cartográficas y geográficas. La Neogeografía es, o debería ser, lo suficientemente amplia como para incluir la exploración urbana, arquitectura ilegal, escultura de sitio específico, geoetiquetado, caminatas guiadas, literatura de viajes, urbanismo imaginario, mapas alterados, ciudades efímeras, etcétera. Para Szott la Neogeografía es el intento por explorar la geografía "desde el exterior" de una manera más "humanista" (Szott 2006).

Por su parte en ese mismo año Andrew Turner definía el término de Neogeografía como "Es esencialmente los mapas, términos y combinación de elementos de herramientas existentes que las personas usan y crean por su cuenta" (Turner, 2006). Este término rompía con el esquema que Szott planteaba, ya que para Turner se trataba de explorar la geografía con lo que ya existía. Es en el año 2007 que Turner vuelve a definir Neogeografía como "*las técnicas y herramientas geográficas usadas para actividades personales o por un grupo de usuario no expertos; no analítica y formalmente*".

Para Goodchild la Neogeografía es la reinención de la geografía en donde los esquemas de experto y novato se rompen, haciendo que el novato se vuelva tanto productor como consumidor de información geográfica. La Neogeografía resulta cuando las personas tienen la habilidad de recolectar datos, hacer mapas y generar análisis con la información recabada. (Wilson & Graham 2013).

2.4 Información Geográfica Voluntaria (VGI)

El profesor Michael Goodchild acuñó el término de VGI (*Volunteered Geographic Information*, Información Geográfica Voluntaria, en español) como un caso especial de contenido generado de usuario. Lo define como la participación generalizada de un gran número de ciudadanos privados, a menudo con poca experiencia en el área, en la creación de información geográfica, una función

que por siglos ha sido reservada a los organismos oficiales. Son en gran medida inexpertos y sus acciones son casi siempre voluntarias, y los resultados, pueden o no ser exactos. Pero en conjunto, representan una dramática innovación que sin duda tendrá profundos impactos en los Sistemas de Información Geográfica (*GIS*, por sus siglas en inglés) y más en general, en la disciplina de la geografía y de su relación con el público en general (Goodchild 2007a).

2.4.1 Neogeografía vs VGI

Para entender VGI fue necesario hacer mención a conceptos más generales como el *contenido generado por usuario* y la Neogeografía. Y aunque a simple vista Neogeografía y VGI parezcan sinónimos, VGI también resulta ser una porción de todo lo que implica la Neogeografía.

Para el profesor Goodchild VGI se restringe en solo a la adquisición y/o producción de información geográfica haciendo gran énfasis en el hecho de ser una actividad totalmente voluntaria, sin importar si se hace por personas expertas o no, pero se distingue por la no intervención de entidades autoritativas como lo son agencias nacionales de mapeo o agencias privadas comerciales. Mientras que la Neogeografía es la reinención de la geografía y rompe con los esquemas de usuario y productor, implicando no solo la adquisición, sino también el análisis, la creación de mapas, etcétera. Neogeografía es la nueva geografía en donde los objetivos ya no son académicos, sino personales (Wilson & Graham 2013).

Por otro lado, para Andrew Turner la Neogeografía no es un término que choque con VGI. Para él, la Neogeografía es una tendencia con un enfoque más personal y comunitario para compartir y utilizar la información geográfica. VGI se enfoca solo en la recolección de datos de manera individual, por sujetos que están motivados por objetivos personales o que sienten que forman parte de una comunidad (Wilson & Graham 2013).

2.4.2 Humanos como sensores, ciencia ciudadana

Con el crecimiento del interés por observar todo lo que pasa a nuestro alrededor se ha prestado atención a lo que se conoce como redes de sensores. Se pueden distinguir tres clasificaciones para redes de sensores (Goodchild 2007a):

- Redes estáticas: sensores diseñados para capturar de manera específica mediciones en su área local.

- Sensores portados: son sensores portados por humanos, vehículos o animales para entender el comportamiento de las actividades que realizan en el ambiente que se desarrollan.
- Humanos: el propio humano como sensor haciendo uso de sus cinco sentidos para percibir y capturar lo que sucede a su alrededor.

De aquí la importancia de aprovechar al propio humano como componente para una red de sensores, un conjunto que puede ser del tamaño de la población mundial. Esto aunado al auge de Web 2.0 y las redes de comunicación, le darían un uso eficaz a VGI.

2.4.3 Motivos para participar en VGI

Si bien parece que con 7,000 millones de sensores humanos (Wolrdometers 2015) se podría hacer un arduo trabajo en VGI, no significa que todos estén dispuestos a colaborar o que tengan los medios para hacerlo. Por ello es importante la causa que provocará en los ciudadanos el interés por querer formar parte de un proyecto de esta índole.

A continuación se describen factores que indican el interés de los ciudadanos por participar en estos proyectos de forma voluntaria (Budhathoki 2010):

- Carácter distintivo: implica la existencia de ideales, valores y sentimientos que son compartidos por los participantes de un movimiento en general.
- Aprendizaje: el voluntario busca adquirir nuevas habilidades y conocimientos.
- Profesional: el usuario ve una oportunidad profesional en el ámbito en el cual pueda desarrollarse.
- Enriquecimiento personal: el voluntario lo ve como un proceso intelectual en el cual adquiere experiencias de una participación seria.
- Actualizar conocimientos: busca desarrollar y aplicar talento, capacidad y potencial propios.
- Forma de expresión: el voluntario busca expresar sus habilidades y capacidades.
- Satisfacción: busca la satisfacción o ganancia hedónica.
- Recreación: la colaboración se convierte en un nuevo entretenimiento serio durante su tiempo libre.
- Social: el voluntario busca que su participación sea significativa para otras personas.

- Meta grupal: el voluntario desarrolla el sentimiento de ayudar para alcanzar una meta grupal.
- Atracción grupal: éste se genera cuando se desea asociarse con otros participantes que persiguen el mismo objetivo.
- Conservación grupal: nace del sentimiento por querer mantener unido el grupo de colaboración para seguir desarrollando proyectos.
- Identidad: el voluntario se identifica con el objetivo del proyecto.
- Reputación: el voluntario busca la mejora de su reputación.
- Monetario: el voluntario busca un beneficio monetario directo.
- Mediación: el voluntario cree que su contribución es crucial para lograr la meta.
- Autoeficacia: el voluntario percibe que sus conocimientos y habilidades son las esperadas por el grupo de trabajo.
- Reciprocidad: el voluntario confía en que si él coopera los demás también cooperarán.
- Sentido de comunidad: el voluntario desarrolla un sentido de comunidad al participar.
- Satisfacer una necesidad propia: el voluntario busca desarrollar un servicio junto con la comunidad para satisfacer su necesidad, ya que otro servicio no lo hace.
- Libertad y creatividad: el voluntario tiene la libertad de participar en este tipo de actividades para ejercer su creatividad.
- Altruismo: el voluntario lo hace por razones meramente altruistas.
- Gestión de la relación: el individuo considera al voluntariado como una mejor forma para relacionarse con otros.
- Socio-políticos: el voluntario participa por motivos socio-políticos de su comunidad.

De todo este listado, se puede observar que en su mayor parte no se involucran fines monetarios, es decir, el voluntario que colabora en algún proyecto de este estilo busca una satisfacción personal o profesional propia al sentirse identificado con los ideales del mismo.

2.5 Calidad de VGI

Como ya se hizo mención, gracias al surgimiento de la Web 2.0 y el cada vez más fácil acceso a Internet, más personas puedan colaborar en el llamado *contenido generado por usuario*, sin embargo el uso de estas nuevas tecnologías para la adquisición de información de manera masiva también trae consigo sus consecuencias.

En especial en el caso de VGI, la nueva forma de crear y compartir los datos, termina afectado a los propios datos en sí, debido a la gran diversidad de mecanismos en la Web para llevar a cabo estas actividades. No basta con solo tener los datos, ya que datos que no son de calidad no son datos útiles.

La calidad de los datos define el valor de los mismos para una aplicación en especial, ya que así se determina si son aptos o no para el propósito específico que se requieren. Existen dos conceptos acerca de la calidad de información geográfica: el enfoque interno y el enfoque externo. El enfoque interno define a la calidad de la información geográfica como “la medida de la diferencia entre los datos y la realidad que ellos representan, y se vuelve más pobre conforme los datos y la correspondencia con la realidad divergen” (Devillers & Jeansoulin 2006).

El enfoque externo que es el concepto de calidad que se hace uso en este trabajo de investigación, se basa en un concepto de “apto para el uso”, en donde se define como “el consumidor es el que juzgará si un producto (dato) es apto para que se use” (Chrisman 1983; Wang 1996; Devillers & Jeansoulin 2006; Coote & Rackham 2008). Aunado a esto, una característica importante de este enfoque es que “el productor de la información es responsable de la prueba y evaluación de la información,... no todo pertenece necesariamente al mismo grupo de personas” (Devillers & Jeansoulin 2006). Se puede considerar este enfoque como una medida relativa.

Estos conjuntos de datos generados mediante VGI contrastan con los conjuntos de datos “autoritarios”, que son aquellos en donde se realizan por organismos profesionales (Goodchild, 2009b; Ball 2010; Coleman et al., 2010), con una reputación establecida y bajo estándares de calidad y credibilidad (Scassa 2012). Desde este punto de vista, la calidad de enfoque interno tiene mayores expectativas sobre los conjuntos de datos autoritarios, a comparación de la que se espera en VGI.

Es importante mencionar que el uso de VGI en organizaciones profesionales pareciera nulo, debido al cuestionamiento de la calidad, sucede que ciertos estudios (Zulfiqar 2008; Ather 2009; Haklay 2010; Mondzech & Sester 2011) indican lo contrario, y ven en VGI, el potencial para que este tipo de información sea válida dentro de los conjuntos de información autoritativa que ocupan los organismos profesionales.

2.6 Validación VGI

El hablar de validación VGI implica hablar de los enfoques y mecanismos que se utilizan para hacer frente a las preocupaciones que genera el obtener información geográfica de fuentes “aleatorias”, que entre las más cuestionables está la credibilidad, calidad, fiabilidad y valor general.

2.6.1 Enfoques de Rak

Dentro de los métodos de validación VGI se pueden observar dos grandes grupos (Rak 2013):

- **Tradicional/autoritario**

Este enfoque es aquel que para asegurar la calidad de VGI hace uso de métodos basados en técnicas bien establecidas y comprobadas. Entre estos métodos se puede hacer mención al uso de Metadatos, que es la información capturada que contiene las características básicas de la fuente de datos, representa el quién, qué, cuándo, dónde, cómo y por qué de la fuente de información (Federal Geographic Data Committee [FGDC 2012]). Otro método son estándares como el *US National Map Accuracy Standards* (NMAS) y el *Circular Map Accuracy Standards* (CMAS) que son usados para la precisión posicional de la información geográfica.

Por otra parte el estándar *Spatial Data Transfer Standard* (SDTS) hace uso de los conceptos de calidad de datos y la divide en cinco partes: linaje, exactitud posicional, exactitud de atributos, consistencia lógica e integridad (Devillers & Jeansoulin 2006). Para la exactitud posicional de un conjunto de datos digital identifica cuatro métodos:

- Estimación deductiva: estimación práctica de errores en la fuente de datos espaciales, incluidas las hipótesis hechas sobre propagaciones de error.
- Evidencia interna: todas las estadísticas o los ajustes que se pueden utilizar en información geográfica.

- Comparación con fuente: comparando los datos espaciales derivados con la fuente original.
- Comparación con fuente de una mayor precisión: que había sido sugerido como un método preferido para evaluar la precisión de la posición de un conjunto de datos digitales.

En este sentido se observa que todo recae en la comparación de puntos. Pero con la llegada de nuevas aplicaciones es necesario contar con métodos que permitieran analizar formas lineales y la fidelidad de la forma. Para esto es introducido el método conocido como *Buffer Overlay Method* (BOM) (Goodchild & Hunter 1997), el cual indica de manera porcentual la longitud del conjunto de datos incluidos dentro de una distancia de amortiguación específica del conjunto de datos de referencia (Figura 2.4). Este método se ha convertido en el más popular para validar la calidad interna (exactitud posicional).

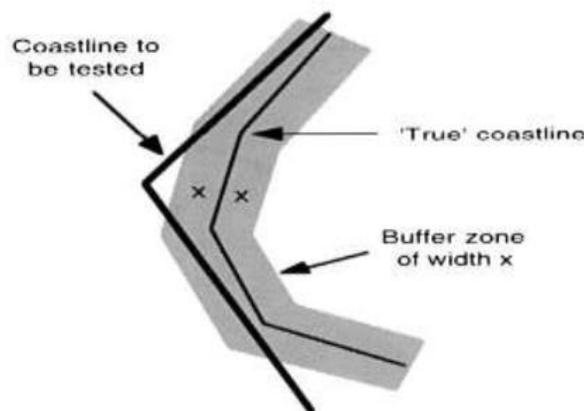


Figura 2.4 Método BOM

- **Crowdsourcing**

El enfoque *crowdsourcing* retoma el concepto en sí mismo, la validación de información geográfica se lleva a cabo por individuos de manera voluntaria haciendo uso de los mecanismos implementados en la aplicación. Se observa la gran relación con el concepto de calidad externa, en la cual un dato será de calidad si alguna persona considera que le es útil. *“Si bien la precisión de la información en la mayoría de los casos es probable que se percibe como información creíble, técnicamente inexacta también puede ser percibida como creíble, siempre y cuando el consumidor crea en la información”* (Flanagin & Metzger 2008).

Es importante recalcar que este enfoque desea tomar lo más simple, así que en su gran mayoría se enfoca en la validación de información geográfica vectorial y no en formato *raster*.

2.6.2 Enfoques del Goodchild & Li

Michael Goodchild y Linna Li definen tres enfoques para asegurar la calidad de la información geográfica. Si bien se retoma parte de los dos enfoques mencionados anteriormente, en estos tres enfoques se da un punto de vista diferente.

El aseguramiento de la calidad de organismos tradicionales se da en dos partes: los procedimientos diseñados para controlar la calidad durante la adquisición y recopilación de datos geoespaciales y los procedimientos que documentan la calidad de la toma de muestras de datos compilados y compararlos para hacer referencia a las fuentes (metadatos).

Estos tres enfoques de Goodchild y Li se centran en los procedimientos diseñados para controlar la calidad durante la adquisición y recopilación de datos, que documentan la calidad de la toma de muestras de datos compilados y compararlos para hacer referencia a las fuentes. A continuación se describen estos enfoques (Goodchild & Li 2012).

- **Crowdsourcing**

Este mecanismo consiste en la habilidad que tiene un grupo de personas para validar y corregir los errores que un individuo pudo haber cometido. Otra interpretación, de acuerdo con Eric S. Raymond (1999) quien nombró la ley de Linus que establece: *“dado un número suficientemente elevado de ojos, todos los errores se vuelven obvios”*. Bajo esta premisa en lo que respecta a VGI, puede que personas participen con el fin de validar y corregir, pero al tratarse de factores y hechos geográficos, sigue existiendo cierto grado de discrepancia ya que puede haber zonas geográficas “oscuras”, que no puedan ser vigiladas por suficientes “ojos”.

El hecho de que el mecanismo de *crowdsourcing* presente fallas depende en sí de la forma en que se presente un GIS de tendencia VGI a los voluntarios, ya que puede que ellos estén más interesados y enfocados en la creación de información geográfica que en la edición de la misma que ya existe, es decir, la validación.

- **Enfoque Social**

Este enfoque se basa en una jerarquía, en la cual existen individuos que actúan como moderadores. Un moderador es una persona que contribuye al sistema y además tiene privilegios y responsabilidades hacia el mismo. Una de las maneras de nombrar un moderador consiste en llevar a cabo un seguimiento estadístico sobre la actividad de todos los voluntarios. Aquel voluntario que participe de manera más activa y tenga una buena reputación puede ser considerado para ser un moderador.

Si bien este enfoque emula a las estructuras organizacionales de las agencias de mapeo autoritativas tradicionales, en donde la experiencia y certificaciones implican y conceden el grado de autoridad, el enfoque social en VGI trata de ser más informal.

- **Enfoque Geográfico**

El enfoque se basa en la comparación de un supuesto hecho geográfico con el conocimiento geográfico, y de esta forma determinar si el supuesto es verdadero o falso. Para determinar esto se establecen ciertas reglas de sintaxis que nos dicen que puede o no suceder en un lugar geográfico. Estas reglas pueden ser simples o muy abstractas. Las más simples se basan en las características geométricas, mientras que las más complejas abarcan características de áreas como lo pueden ser del medio ambiente, estadísticas y hasta economía. El uso de estas reglas depende del problema que se quiera enfrentar.

2.7 Sistemas que utilizan un enfoque VGI

A continuación se describen algunos de los proyectos de mapeo más sobresalientes que siguen cierta tendencia de lo que implica VGI y el crowdsourcing.

2.7.1 Wikimapia

Se describe así mismo como: *“Un mapa colaborativo de contenido libre y multilinguaje, donde cualquiera puede crear etiquetas del lugar y compartir sus conocimientos”* (Wikimapia 2015) fue creada por Alexandre Koriakine y Evgeniy Saveliev, lanzado públicamente el 24 de Mayo del 2006, con el objetivo de descubrir el mundo entero, según sus creadores (Goodchild y Li 2012). *Wikimapia* sigue el lineamiento de que debe ser claro y simple para que cualquier persona pueda

aportar información, mediante el marcado de lugares y agregando ciertas descripciones, categorías y fotos. Hasta el 14 de julio del 2012 *Wikimapia* los usuarios habían creado 19 millones de etiquetas.

Presenta características de los enfoques mencionados (Goodchild & Li 2012). Primero, respecto al enfoque *crowdsourcing*, como ya se mencionó, puede que existan ciertas áreas geográficas en las que el conocimiento local sea mínimo y tampoco existan suficientes “ojos” que puedan validar la información geográfica. Y en segundo, *Wikimapia* también hace uso de un enfoque social al establecer una jerarquía en la que se concede el grado de “Usuario Avanzado” a aquel usuario que mantiene una buena participación activa y que son recomendados por algún otro “Usuario Avanzado”. Sin embargo esto último resulta vicioso ya que si es el caso en el que hay pocos “ojos” vigilantes, implica el hecho de obtener el grado de “*Usuario Avanzado*” requiere menos competencia.

2.7.2 Geo-Wiki

“Es una red mundial de voluntarios que deseen ayudar a mejorar la calidad de los mapas mundiales de la cubierta terrestre” (Geo-Wiki 2015). *Geo-Wiki* es un proyecto que fue iniciado e impulsado a partir de año 2007 por el Dr. Steffen Fritz, ya que él noto que durante la última década las tres principales bases de datos de cubierta terrestre (*GLC-2000*, *MODIS* y *GlobCover*) tenían considerables diferencias entre ellas. Es por esto que *Geo-Wiki* se creó para que usuarios alrededor del mundo revisen mapas de la cubierta terrestre y determinen si son correctos o no mediante la comparación de sus conocimientos locales con lo que ven en el sistema cartográfico *Google Earth*.

El diseño de *Geo-Wiki* sigue los lineamientos para portales Web de tipo geoespaciales establecidos por el *Open Geospatial Consortium* (OGC) (Fritz et al. 2009). El componente principal de *Geo-Wiki* son las capas de mapas. Los datos de la capa de la Tierra son mostrados mediante un *Web Map Service* (WMS) que es utilizado para desplegar las imágenes brindadas por la API de *Google Earth*. Sobre la capa de *Google Earth* se muestran tres productos diferentes de la capa de la Tierra que ayudan a facilitar la validación: *GLC-2000*, *MODIS v.5* y *GlobCover*. Estos mapas son utilizados para resaltar los puntos y áreas de desacuerdo. Con la ayuda de *Google Earth* el usuario determina cuál de las tres capas de la Tierra es correcta, incorrecta o no está seguro de acuerdo a la leyenda que se indica. El resultado proporcionado es almacenado en una base de datos.

Geo-Wiki, a diferencia de la API de *Google Earth*, está totalmente diseñado y desarrollado con software libre. El uso de *Google Earth* es importante debido a sus capacidades de visualización 3D y sus imágenes de alta resolución (Fritz et al. 2012).

Geo-Wiki sigue totalmente un enfoque de tipo *crowdsourcing* ya que la principal función de los usuarios es juzgar si una imagen de la cobertura mostrada es correcta, incorrecta o si el usuario no está seguro. De nuevo se cae en lo ambiguo ya que cada usuario juzgará como él considere, pero siguiendo la ley de Linus, habrá una mayoría que permita establecer la respuesta correcta si hay suficientes “ojos”.

2.7.3 MoCoMapps

MoCoMapps es un experimento basado en *crowdsourcing*, con el objetivo de brindar un servicio móvil a usuarios para usar y crear aplicaciones de mapas. Esto deja abierta la posibilidad de que cada usuario le dé forma a su aplicación de acuerdo a sus necesidades, ya que cada usuario elige los atributos y categorías de los datos (Hupfer et al. 2012).

Los autores definen a *MoCoMapps* como un proyecto que permite a la gente ordinaria crear su aplicación de mapas y poder compartirla con los demás. Cuenta con un ambiente de creación en donde utilizando arrastre de elementos (*drag-and-drop*) se puede diseñar la aplicación de mapa colaborativa. Los tipos de datos específicos son diseñados por el creador de la aplicación usando un menú de elecciones. Cuando se completa el diseño, el creador puede compartir su aplicación para que sea usado por los demás usuario como una mini-app, que se ejecutará en el cliente de *MoCoMapps*.

El cliente de *MoCoMapps* es una aplicación móvil que es descargada por el usuario. Dentro de ella se pueden acceder a mini-apps, y entonces puede agregar datos de puntos y locaciones en el mapa de acuerdo a los campos de datos que fueron especificados por el creador de la mini-app (Muller et al. 2011).

2.7.4 OpenStreetMap (OSM)

“Es proyecto construido por una comunidad de creadores de mapas que contribuyen y mantienen los datos acerca de caminos, senderos, cafeterías, estaciones de ferrocarril, y mucho más, en todo el mundo, y ofrecerlos a cualquiera que los desee” (OpenStreetMaps 2015). Sin lugar a dudas es

uno de los proyectos de mapeo colaborativo más sobresalientes. Para lograr esto OSM se centra en el conocimiento local de los contribuidores en conjunto de diversas herramientas como imágenes aéreas, dispositivos GPS y mapas de campo para así mantener OSM preciso y actualizado. OSM fue fundado en Julio del 2004 por el ingeniero inglés Steve Coast como necesidad de contar con datos geográficos de Gran Bretaña que fueran de libre acceso. A la fecha OSM cuenta con 1 694 280 usuarios registrados (OpenStreetMaps 2015) y esta cifra sigue en aumento; esto habla del gran interés de las personas por poder colaborar en este tipo de proyectos.

La contribución de datos principalmente la realizan los usuarios mediante GPS, en donde se graban los datos. La comunidad de desarrollo de OSM implementa editores para facilitar el trabajo de los usuarios al momento de contribuir con sus datos geográficos. Como editor más simple esta *Potlatch*, en el cual los usuarios pueden agregar, actualizar y eliminar datos geográficos mediante una interfaz. Por otra parte ofrece el editor *Java OpenStreetMap Editor* para los usuarios más experimentados, el cual ofrece una API para la importación, edición y etiquetación de datos OSM; además de que ofrece vincular fotos y notas de audio dentro de las características o poder crear *plu-gins* para acciones específicas (Haklay & Weber 2008).

Existe un pequeño grupo de voluntarios que se dedica a la creación y mantenimiento de la infraestructura de OSM como lo es el mantenimiento del servidor, establecimiento de las reglas para las transacciones y los productos cartográficos que se obtienen como resultados de los datos.

La infraestructura de OSM se desarrolla siguiendo los estándares establecido por la OGC. La base de datos está implementada en *MySQL* y está diseñada para soportar el comportamiento que implica una aplicación para la recopilación de información geográfica voluntaria (Neis & Zipf 2012). El acceso a la base de datos se establece mediante *la API RESTful*, que está implementada en *Ruby on Rails* y permite la autenticación de los usuarios y así mediante las herramientas de edición se pueda acceder y actualizar la base de datos. Un estudio que comparó los datos de OSM con la agencia nacional de mapeo de Gran Bretaña *Ordance Survey*, encontró un desplazamiento posicional promedio de 6 metros, una variación geográfica sustancial tanto en precisión posicional e integridad (Haklay 2010). Mientras que en otro estudio se demostró que la exactitud de la posición mejora a medida que el número de editores aumenta, pero no hay mejora evidente cuando el número de editores excede 13 (Haklay et al. 2010).

2.7.5 Google Map Maker

“Google Map Maker permite añadir y actualizar información geográfica para que millones de usuarios puedan verla en Google Maps y Google Earth. Al compartir información acerca de los lugares que conoces, como los negocios de tu ciudad o las partes que más te gustan de tu campus, puedes asegurarte de que los mapas reflejen realmente el mundo que te rodea” (Google Map Maker 2015). Este sistema fue creado por *Google* en Junio de 2008, y actualmente se puede realizar modificaciones en más de 200 países.

Permite añadir fronteras políticas, carreteras, líneas de ferrocarril, rutas de transporte público, siluetas de edificios y establecimientos. Así mismo permite revisar ediciones que otros usuarios hayan hecho. Debido al enfoque *crowdsourcing*, *Google* decidió en Mayo del 2015 cerrar *Map Maker* debido a los ataques de *spam* que estuvieron recibiendo por parte de cierto usuarios, hasta el punto en que un usuario realizó una modificación que se reflejó en *Google Maps*, en la que aparecía un dibujo sobre el mapa del logotipo de *Android* orinando sobre el logotipo de *Apple*. *Google* tuvo que cerrar la aplicación y explicó que este problema se debió a un fallo en su algoritmo de validación.

En Agosto de 2015 *Google* decidió reabrir la aplicación de *Map Maker*, aunque por el momento solo se pueden agregar sitios (puntos). Tras el percance de validación *Google* inició por seleccionar grupos de moderadores regionales basándose en el historial y calidad de las contribuciones. Este grupo de moderadores serán los encargados de revisar y aceptar publicar cada una de las contribuciones del resto de los usuarios.

2.7.6 Waze

“Waze es la aplicación de tráfico y navegación basada en la comunidad más grande del mundo. Únete a los conductores de tu área que comparten el tráfico e información de ruta en tiempo real ahorrando todos tiempo y dinero en sus desplazamientos diarios.” (Waze 2015a). *Waze* fue fundada en 2008 en Israel por Uri Levine, Ehud Shabtai y Amir Shinar. En Junio de 2013 *Waze* es adquirido por *Google*.

Cabe señalar que la participación de los usuarios no se limita a solo compartir datos respecto al tráfico y detalles de la ruta, también tiene la opción de participar en la edición de mapas para mejorar las rutas. Un usuario registrado que haya utilizado la aplicación para conducir podrá

agregar modificar las calles y carreteras por las que transita, así como detalles de las mismas (sentido, señalamientos o nuevos segmentos). Otra opción es que se puede agregar puntos de interés de acuerdo a la geometría de una capa satelital (Waze 2015a).

Las ediciones que realicen el usuario se ven reflejadas en un lapso de 24 horas, ya que se requiere que un usuario conocido como “*Area Manager*” sea el que dé el visto bueno. Un “*Area Manager*” también actúa como mentor para otros editores dentro de los foros de colaboración. Para ser un “*Area Manager*” es necesario tener un historial de varios meses editando, haber completado 5000 ediciones con calidad y ser un participante activo en los foros (Waze 2015b).

2.8 Discusión

Aunque todos los sistemas presentados tienen que ver con VGI, cada uno está dirigido hacia un objetivo en específico. Proyectos como *OpenStreetMaps*, *Wikimapia* y *Google Map Maker* son proyectos de cartografía de propósito general; *Waze* se enfoca en el tráfico vehicular de las ciudades; *Geo-Wiki* en los mapas de cobertura de la Tierra; y *MoCoMapps* en la creación de *apps* de mapas colaborativas. En este caso se propone el sistema *Geodemos* que se enfoca en la obtención, actualización y validación de unidades económicas de México con un enfoque de VGI.

A pesar de estas diferencias se observó que todos coinciden en el uso de validación haciendo uso de los enfoques descritos (Goodchild & Li 2012). Todos los sistemas combinan el tener una parte donde los usuarios puedan colaborar para evaluar la calidad y en conjunto tener a un grupo de expertos/administradores para jugar un papel jerárquico en la toma de decisiones.

El sistema *Geodemos*, toma esta combinación, pero también involucra el funcionamiento del *Evaluador Difuso Multicriterio* (EDM) para la evaluación de la calidad. En las fuentes consultadas de los sistemas no se indica la técnica de evaluación de calidad utilizada, por lo cual no se puede asegurar si son sistemas escalables y flexibles, a comparación de *Geodemos* que si lo es. Si bien en un principio se plantea que *Geodemos* solo considere tres criterios de evaluación de calidad, el EDM es apto para ser escalable y aceptar más criterios en su diseño. Esto contribuye a la optimización continua del sistema de acuerdo a la experiencia de uso.

En el siguiente capítulo se explican algunos conceptos teóricos que ayudarán a entender el desarrollo del trabajo.

3. Marco teórico

A continuación se explican algunos conceptos teóricos que servirán para el entendimiento del desarrollo del proyecto.

3.1 Sistema de Información Geográfica (GIS)

Un Sistema de Información Geográfica es un sistema que se utiliza para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico. De acuerdo al modelo heurístico (Tomlinson 2007) de la Figura 3.1, un GIS se compone de tres partes principales:

1. Datos: incluye aquellos datos a los cuales aún no se les ha aplicado algún análisis o proceso. Representa también a la adquisición de datos geográficos a través de distintos medios, sin especificar alguno en concreto, simplemente se requiere que el dato sea geográfico y se garantiza porque debe estar geo referenciado.

Esta parte del modelo involucra determinar una estrategia para la cual el SIG será diseñado y ayude a determinar el propósito del mismo, con el objetivo de que se establezcan qué datos son los que se requieren.

2. Almacenamiento: Representa la transformación de los datos crudos a datos, para que puedan ser procesados, esto se logra llevando a cabo conversiones, migraciones, digitalizaciones, escaneos, réplicas, entre otros métodos.

En esta parte del diseño se debe determinar qué es lo que se espera del GIS, es decir, cuál es el producto final que se requiere para así determinar las funciones y la interacción que se tendrán con la base de datos.

3. Información: La información es aquel dato que fue procesado mediante las operaciones necesarias para obtener un resultado esperado, el cual ya se convirtió en un dato útil que tendrá un fin específico como se planteó desde el principio.

El resultado puede tener muchas formas de visualización de acuerdo a la necesidad que se desee cubrir.

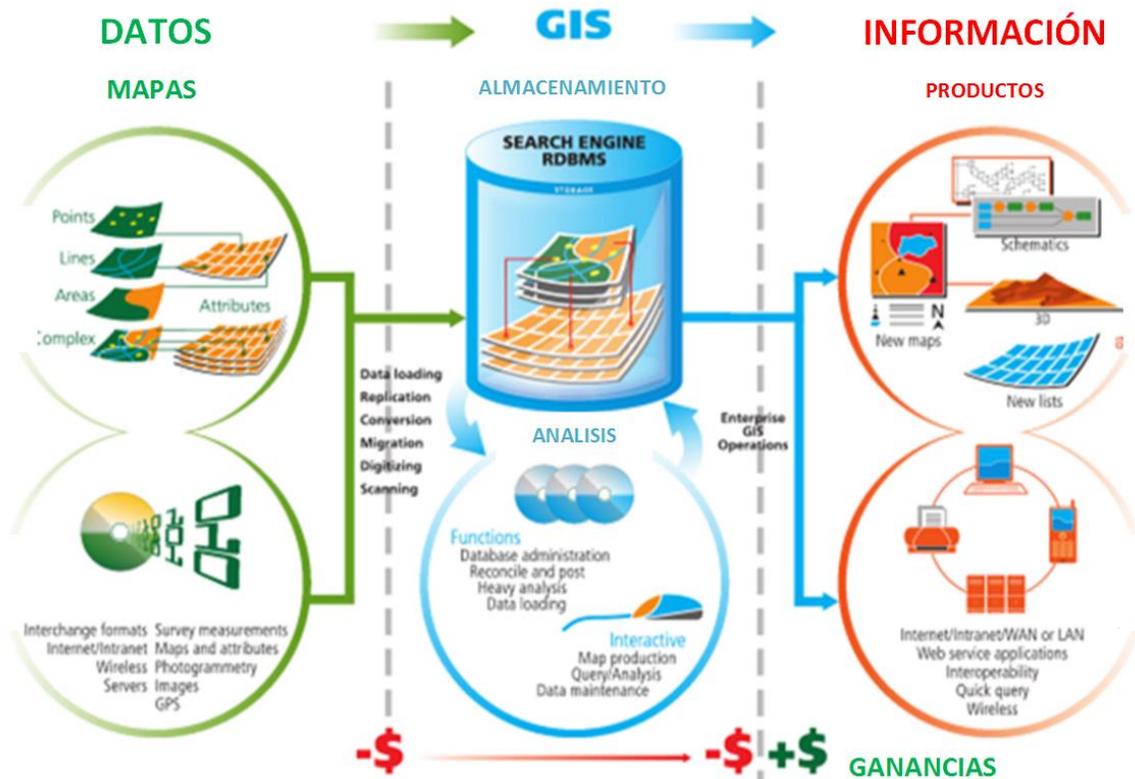


Figura 3.1 Modelo heurístico de un GIS

3.2 Herramientas para la implementación de la aplicación

Web

3.2.1 Base de datos espaciales: PostGIS

Una base de datos es un sistema que permite almacenar información de manera sistemática para su posterior uso. Adicionar el término “espacial”, implica que la base de datos es apta para almacenar datos con referencia geográfica, además de estar optimizada para llevar a cabo operaciones sobre este tipo de datos.

PostGIS es un módulo de soporte para objetos geográficos de *PostgreSQL*, lo que permite convertir al manejador de bases de datos en un manejador de bases de datos espaciales para emplear información geográfica. Se publica bajo la licencia general de GNU. *PostGIS* almacena información geográfica en una columna del tipo *Geometry*, donde se puede almacenar la geometría en formato WKB (*Well-Known Binary*). Fue certificado en 2006 por el OGC (*Open*

Geospatial Consortium), lo que garantiza su interoperabilidad con otros sistemas de uso libre (Postgis 2014).

3.2.2 Servidor de mapas: Geoserver

Un servidor de mapas digital provee cartografía a través de la red tanto en modo vectorial como con *raster*. *GeoServer* es un servidor de mapas basado en Java que permite a los usuarios ver y editar datos geoespaciales. El uso de estándares abiertos establecidos por el Consorcio Geoespacial Abierto (OGC), *GeoServer* permite una gran flexibilidad en la creación de mapas y el intercambio de datos (GeoServer 2014).

3.2.3 Open Layers

Es una biblioteca JavaScript para la visualización de datos de los mapas en la mayoría de los navegadores Web, sin dependencias del lado del servidor. *OpenLayers* implementa una API de JavaScript para la construcción de aplicaciones geográficas basadas en Web. Es un software libre, desarrollado por y para la comunidad de software de código abierto (OpenLayers 2014)

3.2.4 HTML5

Es la quinta versión de *HTML* (Hypertext Markup Language). Es el lenguaje de marcado básico de la *World Wide Web* para la elaboración de páginas y aplicaciones Web. *HTML5* incorpora nuevos elementos como lo es la incorporación nativa de audio, video y gráficos 3D (HTML 2014).

3.2.5 JavaScript

Es un lenguaje de programación interpretado. Se utiliza principalmente en su forma del lado del cliente, implementado como parte de un navegador Web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas Web dinámicas.

Todos los navegadores modernos interpretan el código JavaScript integrado en las páginas Web. Para interactuar con una página Web se provee al lenguaje JavaScript de una implementación del *Document Object Model* (DOM) (Flanagan 2002).

3.3 Evaluación multicriterio

A continuación se presenta una visión general de los aspectos teóricos sobre Evaluación multicriterio (EMC) y sobre el método de decisión que se utiliza en la metodología de este proyecto.

3.3.1 ¿Qué es EMC?

La Evaluación multicriterio (EMC) se puede definir como un conjunto de técnicas orientadas para apoyar en el proceso de toma de decisiones.

Otros autores brindan diferentes definiciones:

- “El fin de las técnicas EMC es investigar un numero de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflictos” (Voogd 1923).
- “EMC es un mundo de conceptos , aproximaciones, modelos y métodos, para auxiliar las decisiones a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, con base en una evaluación de acuerdo a varios criterios” (Coloson & De Bruyn 1989).
- “EMC provee un conjunto de herramientas para el análisis de las propiedades complejas entre las diferentes alternativas. La estructura matemática utilizada para describir la toma de decisiones multidimensional está basada en la teoría de la optimización multiobjetivo, en la cual los objetivos complementarios y conflictivos son descritos como un problema de decisión con múltiples objetivos” (Carver 1991).

En todas ellas se coinciden conceptos en común, EMC hace uso de criterios para llevar a cabo una evaluación y así tomar una decisión de entre varias alternativas.

3.3.2 Enfoques de EMC

La EMC se sitúa en el ámbito de la teoría de decisión, y esta se orienta de dos direcciones: la positiva (descriptiva) y la normativa (prescriptiva). La dirección positiva se enfoca en la elaboración de una serie de construcciones teóricas y articulaciones lógicas que pretenden explicar y predecir el comportamiento de los agentes decisores reales (Romero 1993). Por otra parte, la dirección normativa comienza por definir la racionalidad de los agentes económicos con base en una serie

de supuestos justificables intuitivamente, seguidamente se realizan una serie de operaciones lógicas para deducir el comportamiento óptimo de los agentes decisores como aquel que es compatible con la racionalidad previamente establecida (Romero 1993).

Es notable que mientras el primer enfoque intenta explicar el cómo son, el enfoque normativo plantea el establecimiento de cómo deben comportarse las reglas de decisión.

El enfoque normativo enfatiza el desarrollo, la evaluación y aplicación de técnicas para facilitar la toma de decisiones, es por esto que se utiliza un método de evaluación con base en este enfoque.

3.3.3 Componentes de EMC

A continuación se describen los conceptos base para hacer uso de EMC (Gómez & Barredo 2006):

- **Alternativas:** es cada una de las soluciones posibles a un problema, dotadas de ventajas e inconvenientes.
- **Criterios:** son los distintos aspectos de la realidad que inciden de alguna manera en las ventajas o inconvenientes de las alternativas disponibles. Un criterio puede ser medido y evaluado. Los criterios pueden ser de dos tipos: factores y limitantes. Un factor es un criterio que aumenta o disminuye la valoración de una alternativa como solución al problema. Una limitante restringe a las alternativas para determinan si son válidas o no como solución al problema.
- **Decisión:** es la elección de una de las alternativas posibles para solucionar el problema.
- **Regla de decisión,** es el procedimiento a través del cual se obtiene una evaluación particular a partir de la integración de los criterios establecidos.
- **Evaluación:** establece una serie de objetivos específicos que indiquen como va a actuar la regla de decisión, es decir, la evaluación consiste en la aplicación de la regla de decisión seleccionada.
- **Matriz de evaluación:** permite representar la relación entre criterio y alternativas que define la EMC. En esta matriz los criterios (j) pueden ocupar la columna principal, y las alternativas (i) la fila principal. Los valores internos de la matriz son llamados puntuaciones de criterios o valoraciones, estos representan el valor o nivel de adecuación que ha obtenido cada alternativa en función de cada criterio. Es a partir de una matriz de evaluación que los distintos métodos EMC basan su funcionamiento, para logra la evaluación de alternativas.

3.4 Métodos de EMC

Un método de EMC es un conjunto de procedimientos aritmético-estadísticos que se realizan sobre las matrices de evaluación, con lo cual se obtiene una evaluación final de las alternativas (Gómez & Barredo 2006). A continuación se describen dos diferentes métodos de EMC para abrir el panorama. Sin embargo como ya se hizo mención, se utilizará un método basado en lógica difusa.

3.4.1 Método de las Jerarquías Analíticas

El Método de las Jerarquías Analíticas (AHP por sus siglas en inglés) está dentro de la categoría de compensatorios aditivos, esto quiere decir que el valor obtenido por cada alternativa es el producto del peso del criterio y las puntuaciones de los criterios, siendo la alternativa que obtenga el valor más alto la más adecuada.

Este método se basa en la descomposición, juicio comparativo y síntesis de las prioridades del problema de decisión (Malczewski 1999). El principio de descomposición supone que el problema de decisión ha de ser descompuesto en una jerarquía que capte sus elementos esenciales. El principio de juicio comparativo se plasma mediante la comparación de pares de los elementos de cada nivel de la jerarquía. La síntesis de las prioridades supone tomar cada una de las escalas de prioridades resultantes en cada nivel de jerarquía y construir un conjunto de prioridades global para el último nivel de jerarquía que será utilizado para evaluar las distintas alternativas.

Para aplicar estos tres principios que conforman a AHP se siguen las siguientes fases (Saaty 1987):

1. Identificar los criterios de decisión asociados al problema.
2. Estructurar los factores de forma jerárquica, descendiendo desde los más generales a los más específicos.
3. Establecer la importancia relativa de los elementos de cada jerarquía a partir del método de comparación por pares.
4. Se estructuran las matrices de evaluación para cada nivel de la jerarquía. Se procede a realizar la multiplicación de la matriz del primer nivel con la del segundo nivel, y así

sucesivamente hasta el final de la jerarquía. Al final se obtendrá un vector de m elementos en donde m es el número de alternativas del ultimo nivel de la jerarquía. La puntuación total R_i para cada alternativa se calcularía como:

$$R_i = \sum_k w_k r_{ik}$$

Donde w_k es el vector de prioridades (pesos) asociado a cada elemento K de la estructura jerárquica de criterios, la suma de w_k es igual a 1 y r_{ik} es el vector de prioridades obtenido al comparar las alternativas con cada criterio.

5. El valor R_i más alto será el que indique la alternativa más adecuada.

3.4.2 Método basado en Lógica Difusa

El método de lógica difusa está dentro de las técnicas conocidas como borrosas dentro de EMC. A continuación se hará mayor énfasis en este método, mencionando varios conceptos y fundamentos matemáticos, ya que fue el método elegido para el desarrollo de este proyecto.

La lógica clásica, binaria o aristotélica, es aquella que se fundamenta en la existencia de solo dos valores de veracidad: falso o verdadero (0 o 1). No existe incertidumbre en ello (Ross ,2009).

Dentro de teoría de conjuntos, siguiendo la premisa mencionada, un elemento solo puede formar parte de un conjunto. En la Figura 3.2 se muestra dos elementos a y b , claramente se observa que el elemento a pertenece al conjunto A , mientras que el elemento b no pertenece al conjunto A . No existe incertidumbre entre pertenecer o no a un conjunto.

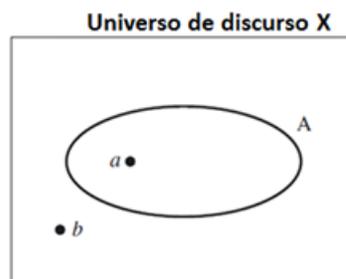


Figura 3.2 Un conjunto en lógica clásica

La lógica difusa, propone que existen más de dos valores de veracidad, es decir, ya se cuenta con una gama de posibles valores entre 0 y 1. De esta manera una afirmación puede ser parcialmente verdadera o parcialmente falsa (Ross, 2009).

En la lógica difusa se tienen conjuntos difusos. En la Figura 3.3 se muestra el conjunto difuso A , claramente se ve que el elemento a pertenece a dicho conjunto y el elemento b no pertenece a él; pero el elemento c se encuentra en la frontera. Esta frontera indica el grado de pertenencia al conjunto difuso A . La pertenencia del elemento c al conjunto difuso toma un valor entre 0 y 1 dependiendo de su posición en la frontera.

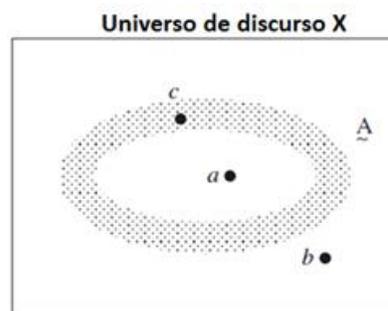


Figura 3.3 Un conjunto en lógica difusa

3.4.2.1 Conceptos básicos de lógica difusa

A continuación se hará mención de los conceptos básicos relacionados a la teoría de lógica difusa (Ross 2009).

- **Conjunto difuso**, se define un universo de discurso, que consiste en una colección de objetos.
- **Función de membresía**, es la medida de la pertenencia de un elemento a un conjunto difuso. Se representa por $\mu(x)$, donde x es un elemento del dominio (universo de discurso del conjunto difuso X).

La imagen de la función puede tomar valores entre 0 y 1. La imagen representa la pertenencia de un elemento x , siendo el valor de 1 total pertenencia al conjunto y el valor de 0 la no pertenencia al conjunto.

- **Variable lingüística**, se utilizan variables lingüísticas para analizar y modelar un sistema.

Se compone por 5 propiedades.

- x es su nombre de la variable lingüística.

- X es el universo de discurso.
- $T(x)$ son los términos lingüísticos que acepta la variable. Se pueden formar sentencias entre la variable lingüística y el término lingüístico que acepta. Con estos valores lingüísticos se forman proposiciones lógicas.
- G es la regla sintáctica que genera los valores lingüísticos.
- M es la regla semántica que asocia cada elemento con su significado. Consiste en definir una función de membresía ligada a cada valor lingüístico. Esta función se define de acuerdo a lo que el valor lingüístico quiera dar a entender.
- **Regla Sí-Entonces**, es difusa es de la forma:

Sí x es A entonces y es B

Donde, x y y son variables lingüísticas, y A y B son términos lingüísticos definidos por conjuntos difusos. La parte *Sí x es A* es llamada antecedente o premisa, mientras la parte *entonces y es B* es la consecuencia conclusión.

3.4.2.2 Controlador difuso

Un controlador difuso es la aplicación de los conceptos de lógica difusa para llevarlo a la práctica. En la Figura 3.4 se muestra un diagrama de los elementos que componen a un controlador difuso y el orden del proceso para dada una entrada, obtener un resultado.

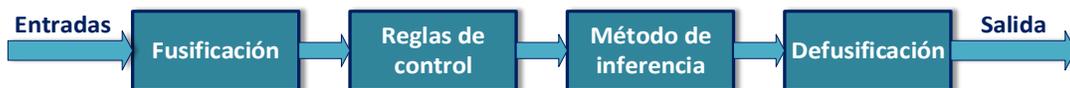


Figura 3.4 Etapas de un controlador difuso

A continuación se describen estos elementos (Ross 2009):

- **Entradas.** Son los datos que entran al sistema. Si se requiere deben pasar por un procesamiento para su adecuación al sistema.
- **Fusificación.** Convierte la magnitud de las entradas en una cantidad difusa, obteniendo el valor de pertenencia que tiene cada uno de los valores lingüísticos.
- **Reglas de control.** Es el conjunto de reglas lingüísticas *sí-entonces* que definen cómo se debe controlar el sistema.
- **Método de inferencia.** Es el algoritmo que seguirá la computadora para inferir la conclusión a partir de las premisas, es decir, a partir de las señales entrantes y las reglas de control.

- **Defusificación.** Convierte el conjunto difuso resultante de la inferencia en una cantidad certera para generar la respuesta de control a la **Salida**.

3.5 Discusión

Se explicó un panorama general sobre los componentes de un GIS para que de esta manera pueda ser más comprensivo el papel que juega el método de EMC. En el GIS se cuentan con todos los elementos para el almacenamiento, distribución y edición de la información geográfica que proporcionen los usuarios. La implementación del método de EMC fungirá como un subsistema que toma esta información geográfica para llevar a cabo la tarea de evaluación de calidad.

Tras describir dos diferentes métodos de EMC, se optó por diseñar e implementar un método basado en lógica difusa. Esto debido a la flexibilidad que ofrece esta técnica y sobre todo porque desde un punto de vista externo, el diseño para la creación de este método sigue una tendencia basada en la experiencia del usuario. Con esto se quiere decir que posiblemente el concepto de definir los criterios de evaluación y los grados de la salida obtenida pueden resultar muy ambiguos, y el la lógica difusa permite considerar esa ambigüedad y llevarla a una implementación formal.

En el siguiente capítulo se expone la metodología con las etapas que se plantearon para el desarrollo e implementación del sistema *Geodemos* propuesto.

4. Metodología

En este capítulo se expone la metodología propuesta para esta investigación, la cual se compone de tres etapas (veáse la Figura 4.1) Manipulación de datos espaciales, Validación de VGI y Visualización. En la etapa de Manipulación de datos espaciales, un usuario registra y edita unidades económicas. La etapa de Validación de VGI se enfoca hacia la evaluación de los criterios correspondientes para una unidad económica y se aplica el método de evaluación multicriterio basado en lógica difusa. Por último, en la etapa de Visualización consiste en generar una presentación gráfica de las unidades económicas, sus atributos y la calidad con la que ha sido evaluada.

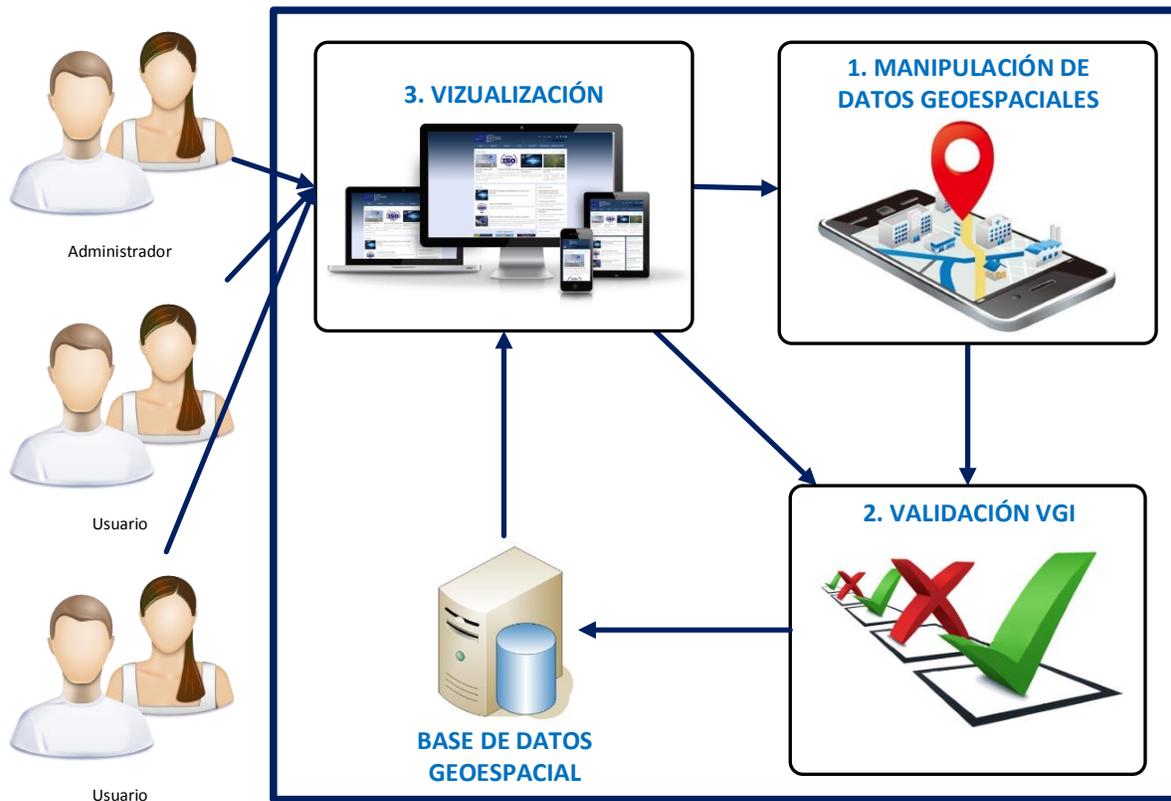


Figura 4.1 Etapas de la metodología

La metodología genera como resultado, la visualización en el mapa de las unidades económicas registradas hasta el momento y para cada una la calidad promedio con que los usuarios la han evaluado obtenida mediante la evaluación multicriterio. En la Figura 4.2 se muestra un diagrama que indica de manera general los elementos involucrados para llevar a cabo el proceso conformado por las etapas mencionadas. Se puede observar también que se sigue la estructura básica del modelo heurístico de un GIS (Tomlinson 2007).

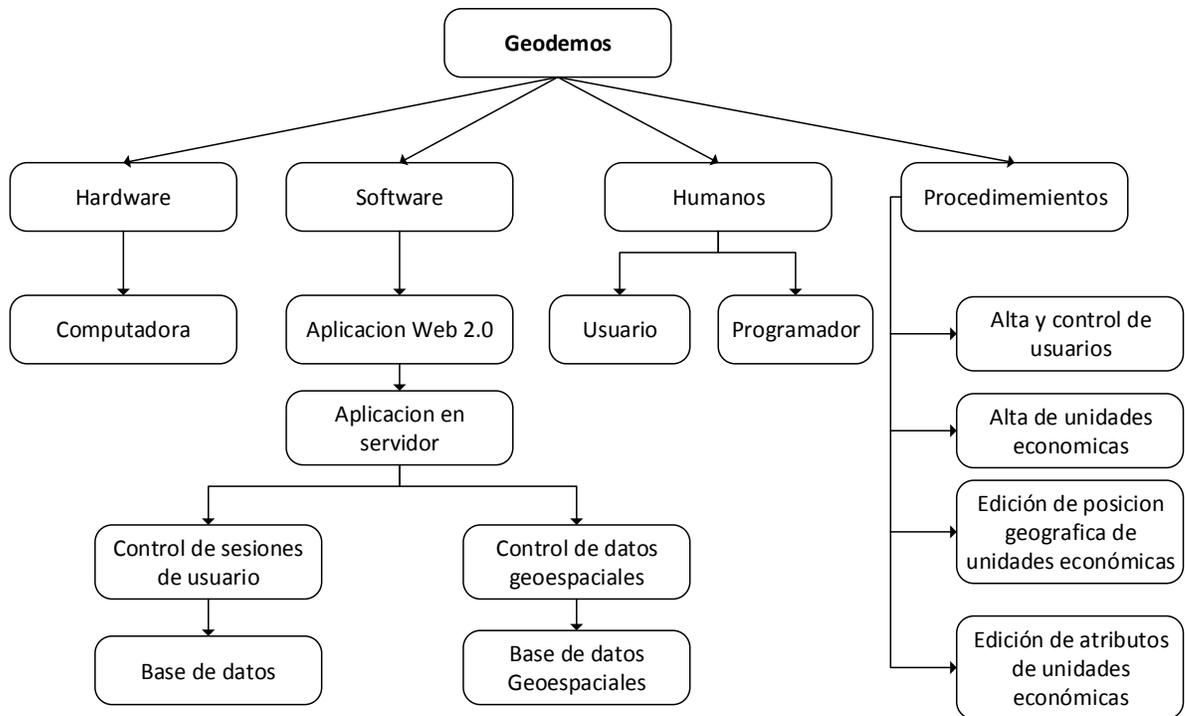


Figura 4.2 Elementos involucrados en el sistema Web-GIS Geodemos

4.1 Consideraciones

Se describen las siguientes premisas que son esenciales al sistema Web-GIS para su funcionamiento:

- Un usuario del sistema, adquiere dicho rol una vez que la persona se registró en el sistema utilizando un nombre, correo electrónico, nombre de usuario y contraseña.
- Un usuario podrá hacer uso del sistema, iniciando sesión mediante su nombre de usuario y contraseña.

- Se tiene un perfil de usuario conocido como Administrador o Experto, el cual tiene privilegios sobre algunas características de la funcionalidad del sistema y la validación de datos, además de que también tener a cargo la administración de usuarios del sistema.

Como se estipuló anteriormente, la metodología consta de tres etapas: Manipulación de datos espaciales, Validación de VGI y la Visualización, mostradas en la Figura 4.1.

- Etapa Manipulación de datos espaciales, el usuario en principio puede registrar una nueva unidad económica como un punto geográfico dentro del mapa y agregar sus atributos correspondientes. Tiene como opción modificar la posición y atributos de las unidades económicas que ya había registrado anteriormente.
- Etapa Validación VGI, el usuario tiene la oportunidad de evaluar la calidad de las diferentes unidades económicas (todas las que hayan sido registradas en el sistema por los diferentes usuarios). El sistema mediante el método de evaluación multicriterio obtendrá una calidad promedio para cada unidad económica de acuerdo a las evaluaciones que le hayan dado diversos usuarios.
- Etapa Visualización, el usuario ve todas las unidades económicas registradas en el área del mapa que él seleccione. Puede revisar los atributos de cada unidad y la calidad promedio con que ha sido evaluada. Así mismo puede iniciar un proceso de modificación o de evaluación.

Como se observa en la Figura 4.3, las etapas de la metodología no siguen un proceso lineal, y a pesar, de que se menciona a la etapa de Visualización como el resultado del sistema, ésta juega el rol de inicio y fin, ya que es ahí donde el usuario puede dar inicio a la etapa de manipulación o de validación.

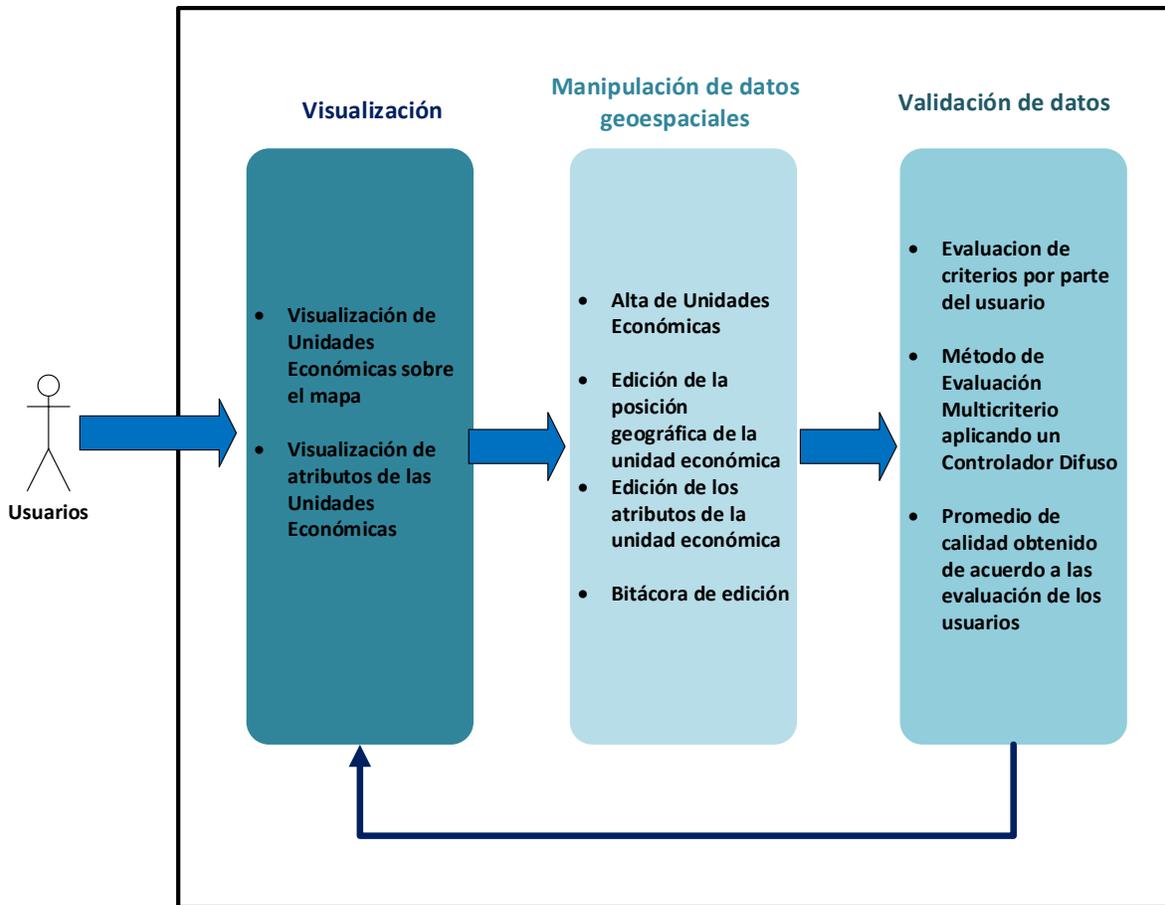


Figura 4.3 Etapas de la metodología

En la Figura 4.3 se muestra un diagrama de donde se aprecia de manera más detallada los elementos de cada etapa. Como se observa, el usuario ingresa en un principio al área de visualización en donde decidirá si solo quiere consultar información sobre las unidades económicas ya registradas, o si decide, llevar a cabo la etapa de manipulación de los datos geospaciales o de validación de VGI.

Después de estas dos etapas los datos geospaciales se actualizarán y se verán nuevamente reflejados en la etapa de visualización después de ser almacenados en la base de datos geoespacial.

4.1.1 Identificación de actores

A continuación se describen los tres actores que se esperan hagan uso del sistema:

Usuario de Internet

El aquel individuo que accede a la aplicación web, pero aún no cuenta con un registro y no puede hacer uso de las funcionalidades del mismo. Es candidato para convertirse en un *Usuario* si crea una cuenta.

Usuario

Es aquella persona que ha llevado a cabo un registro para la creación de su cuenta, que le permitirá hacer uso de la aplicación web. Un usuario puede capturar unidades económicas, además de indicar sus atributos correspondientes; así mismo el usuario puede editar otras unidades económicas y eliminar las unidades económicas que el mismo registro. Además el usuario puede ver otras unidades económicas que fueron dadas de alta por otros usuarios, y podrá asignarles dos evaluaciones, una que indique la *Calidad percibida por el usuario* y otra *Precisión en las coordenadas por el usuario*.

Administrador (Experto)

Tiene los mismos permisos de un usuario, pero además el tiene el privilegio de poder eliminar unidades económicas de otros usuarios. Es el encargado de aceptar como válida la información de una unidad económica. Además es el encargado de llevar el control de las cuentas de los demás usuarios. Este tipo de usuario cuenta con los conocimientos técnicos necesarios para tomar decisiones acerca de las unidades registradas.

4.2 Etapa Manipulación de datos geoespaciales

Esta etapa se enfoca hacia la modificación y actualización de los datos. El usuario puede realizar diferentes acciones sobre los datos correspondientes a las unidades económicas: capturar una nueva unidad económica, editar la posición geográfica de una unidad económica ya existente así como sus atributos y eliminar una unidad económica existente.

Las acciones a realizar en esta etapa de manipulación, se lleva a cabo por un usuario o administrador que haya iniciado su sesión. Una vez iniciada la sesión y estando en la sección de manipulación de datos geoespaciales se proporciona una interfaz en la cual se despliega un mapa centrado en la posición geográfica actual del usuario de acuerdo a las coordenadas obtenidas de su computadora.

4.2.1 Captura de una nueva unidad económica

Un *Usuario* o *Administrador* puede llevar a cabo la captura de una nueva unidad económica registrando un punto geográfico sobre el mapa de la interfaz. Este punto representa a la unidad económica. Al posicionar el punto se registra de manera automática las coordenadas geográficas.

Una vez posicionado el punto, el usuario debe completar los atributos relacionados a la unidad económica. Estos atributos brindan información general del mismo.

Dado un conjunto de atributos, una posición geográfica compuesta por una latitud y una longitud el sistema guardará el registro de la unidad económica con un identificador (*ID*) único. Esta nueva unidad económica quedará lista para ser visualizada por otros usuarios del sistema.

Se puede expresar esta captura como una función inyectiva de la siguiente manera:

$$f(A_1 \dots A_n, X, Y) = ID$$

En donde:

- A_i es un atributo con un valor no nulo a_i .
- X es el valor de la longitud de la posición geográfica del punto.
- Y es el valor de la latitud de la posición geográfica del punto.
- ID es el valor numérico único para el registro de la unidad económica de acuerdo a los valores de entrada de la función.

4.2.2 Edición de una unidad económica existente

Un usuario tiene la opción de editar tanto la posición como los atributos de una unidad económica. Puede realizar una edición directa sobre las unidades económicas que él registró, o bien, si desea editar una unidad económica de otro usuario, se creará una copia de la unidad económica de tal forma que habrá dos registros de atributos y posición geográfica para una ella

misma. Estos registros permanecerán hasta que un *Administrador* valide la unidad económica y decida cuál de los registros es el de mayor calidad.

Una vez registrada la edición, quedará reflejada en la base de datos espacial del sistema y podrá ser consultarse por los demás usuarios en la sección de visualización.

4.2.3 Eliminar una unidad económica existente

Un usuario solo podrá eliminar unidades económicas existentes que él haya capturado. Al eliminar una unidad económica, se eliminará su registro como punto geográfico y también sus atributos.

El administrador también tendrá el privilegio de eliminar unidades económicas independientemente que él no las haya capturado.

4.3 Etapa de Validación de VGI

La etapa de validación de VGI es de suma importancia, ya que con ella se asignará un promedio de calidad a cada unidad económica con el objetivo de que los usuarios tengan un mayor criterio al momento de consultar el sistema. Esta etapa se compone de cuatro procesos: evaluación de criterios por parte del usuario, aplicación de método de evaluación multicriterio, obtención de promedio de calidad y por último validación por un *Administrador*. Estos procesos siguen los lineamientos para el desarrollo de un método de EMC (Gómez & Barredo 2006).

4.3.1 Criterios

Para cada unidad económica se tienen tres criterios a evaluar (Gómez & Barredo 2006), que son la *Calidad percibida por el usuario*, *Valoración de Precisión en las coordenadas por el usuario* y la *Reputación del usuario*, a continuación se describen cada uno de los ellos:

- A. *Calidad percibida por el usuario*, es la calificación que refleja la calidad que el usuario percibe de los atributos de la unidad económica. Esta calificación consiste en un rango de 1 a 5 de acuerdo a la Tabla 4.1.

Se espera que esta calificación la otorgue el usuario de acuerdo a como la perciba, es decir, si el punto geográfico que representa a la unidad económica está bien

posicionado y de igual forma si los atributos correspondientes son correctos, actualizados y completos. Todo esto en base al conocimiento local del usuario.

Tabla 4.1 Rangos para: Calidad percibida por el usuario

Calificación	Percepción de calidad
1	Pésima
2	Mala
3	Regular
4	Buena
5	Excelente

- B. *Precisión en las coordenadas por el usuario*, refleja la calidad que un usuario percibe sobre la posición geográfica de la unidad económica. Esta calificación consiste en un rango de 1 a 3 de acuerdo a la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Rangos para: Precisión en las coordenadas por el usuario

Calificación	Percepción de calidad
1	Mala
2	Regular
3	Buena

- C. *Nivel del usuario*, en este caso la reputación del usuario depende del número de unidades económicas que haya capturado. Un usuario de perfil Administrador será

considerado en automático como un usuario Avanzado. La reputación se establece de acuerdo a la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Rangos para: Nivel de Usuario

Nivel	Rango	Unidades económicas capturadas
Usuario nuevo	1	0 a 10
Usuario amateur	2	Entre 11 y 100
Usuario avanzado	3	Más de 100

En conjunto estos tres criterios son la base para poder aplicar el método de evaluación multicriterio que se explicará a continuación.

4.3.2 Método de evaluación multicriterio: Evaluador Difuso Multicriterio

El método de evaluación multicriterio, toma los tres criterios mencionados anteriormente para así obtener una decisión sobre la calidad de una unidad económica en específico (Gómez & Barredo 2006). El método de evaluación multicriterio se implementó usando la técnica de lógica difusa. De acuerdo a las reglas de inferencia establecidas, dada una combinación de los valores de los criterios de entrada, se obtendrá un resultado decisión sobre calidad, que de manera análoga al criterio de calificación, se tiene un rango de 1 a 5 de acuerdo a la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Rangos para: Calidad

Calificación	Percepción de calidad
1	Pésima
2	Mala
3	Regular

4	Buena
5	Excelente

Cada vez que el usuario realice una evaluación se ejecutará el *Evaluador Difuso Multicriterio*.

4.3.3 Obtención de promedio de calidad

Esta última parte se encarga simplemente en obtener un promedio de los resultados arrojados por cada ejecución del método de evaluación multicriterio hecho por cada usuario que ha evaluado la unidad económica.

4.3.4 Validación por parte de un Administrador

Si existen varios registros de atributos y posición geográfica de una misma unidad, un Administrador tendrá la decisión final sobre qué registro es el válido, esto en base a la experiencia del Administrador y al promedio de calidad que haya obtenido cada registro de la unidad económica.

4.4 Diseño del Evaluador Difuso Multicriterio (EDM)

A continuación se describe el diseño del EDM desarrollado para este proyecto. Se definieron de los elementos de un EDM de acuerdo a los componentes de un controlador difuso descrito en el marco teórico (Ross 2009).

4.4.1 Definición de entradas y salida del EDM

Como entradas al EDM, se consideran los tres criterios de evaluación descritos anteriormente: calificación de atributos, calificación de posición geográfica y reputación de usuario.

Estos criterios son las variables lingüísticas para el evaluador; y para cada una se definen sus términos lingüísticos y funciones de membresía de la siguiente manera:

- *Calidad percibida por el usuario (calificacionAtributos)*: El universo de discurso va de 1 a 5. En la Figura 4.4 se muestra la definición de cada función de membresía para cada término lingüístico siguiente:
 - Pésimo: centrado en 1.
 - Mala: centrado en 2.
 - Regular: centrado en 3.
 - Bueno: centrado en 4.
 - Excelente: centrado en 5.

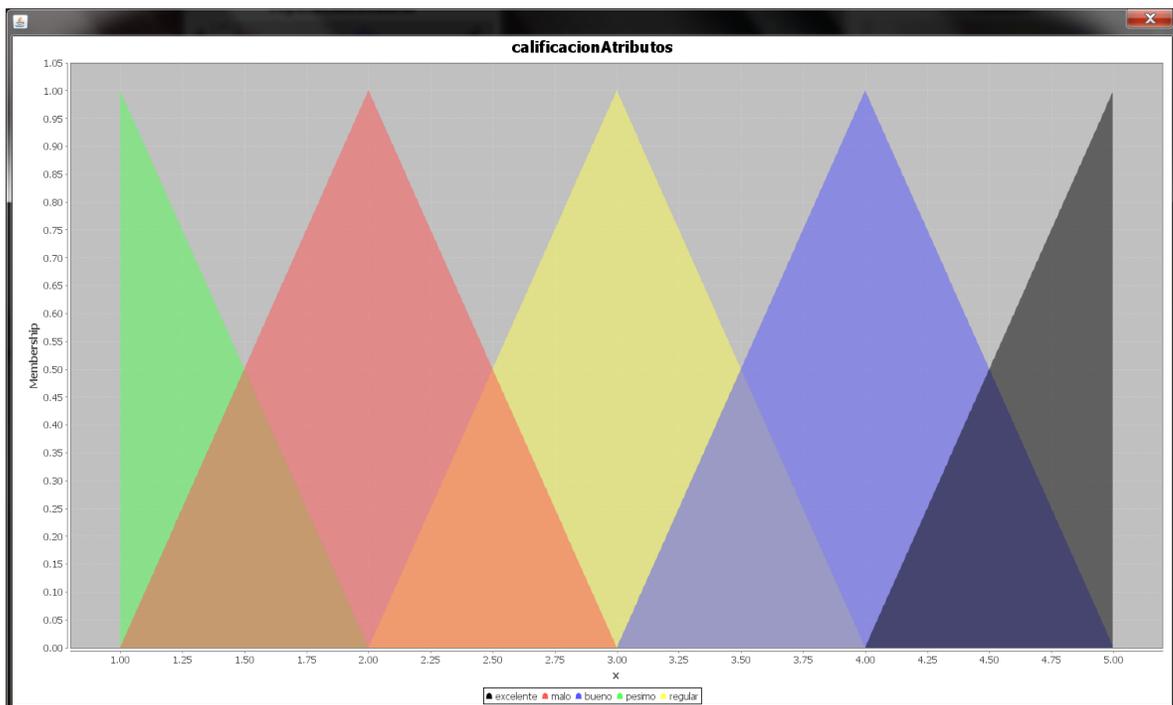


Figura 4.4 Funciones de membresía para calificacionAtributos

- *Precisión en las coordenadas por el usuario (calificaciónPosicion)*: El universo de discurso va de 1 a 3. En la Figura 4.5 se muestra la definición de cada función de membresía para cada término lingüístico siguiente:
 - Malo: centrado en 1.
 - Regular: centrado en 2.
 - Bueno: centrado en 3.

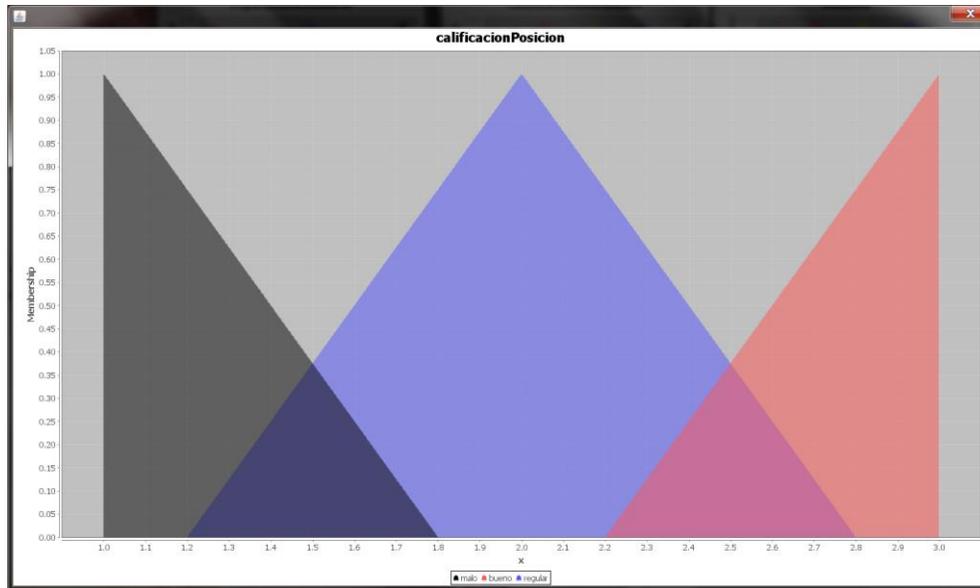


Figura 4.5 Funciones de membresía para calificaciónPosicion

- Nivel de usuario (*nivelUsuario*): El universo de discurso va de 1 a 3. En la Figura 4.6 se muestra la definición de cada función de membresía para cada termino lingüístico siguiente:
 - Nuevo: centrado en 1.
 - Amateur: centrado en 2.
 - Experto: centrado en 3.

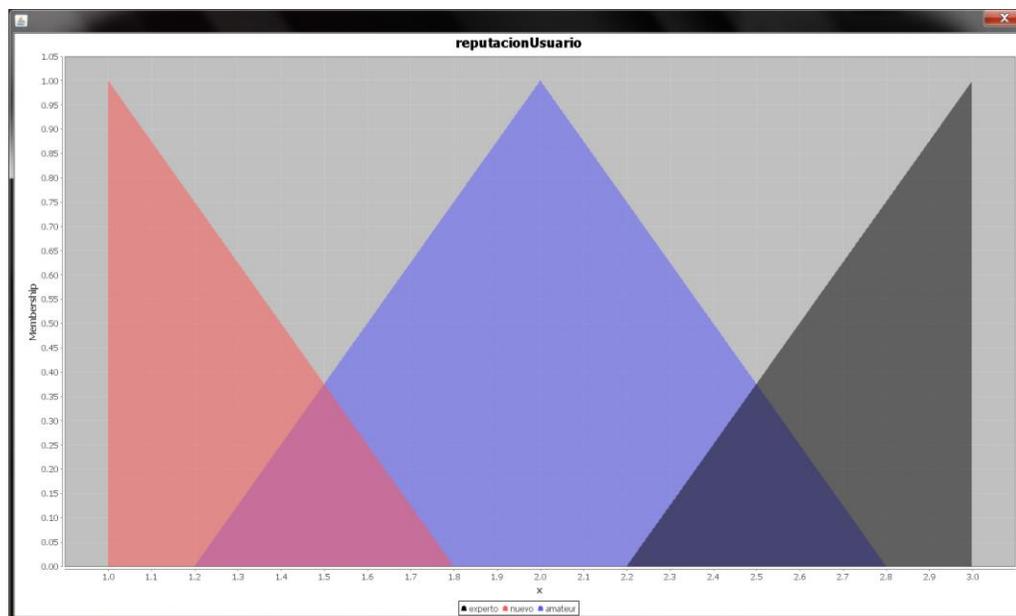


Figura 4.6 Funciones de membresía para nivelUsuario

La decisión que debe tomar este método de evaluación multicriterio es saber el grado de calidad de la unidad económica evaluada. Por lo tanto el grado de calidad queda definido como la salida del EDM en donde se define la variable lingüística y sus respectivos términos lingüísticos:

- Calidad (*calidad*): El universo de discurso va de 1 a 5. En la Figura 4.7 se muestra la definición de cada función de membresía para cada termino lingüístico siguiente:
 - Pésimo: centrado en 1.
 - Mala: centrado en 2.
 - Regular: centrado en 3.
 - Bueno: centrado en 4.
 - Excelente: centrado en 5.

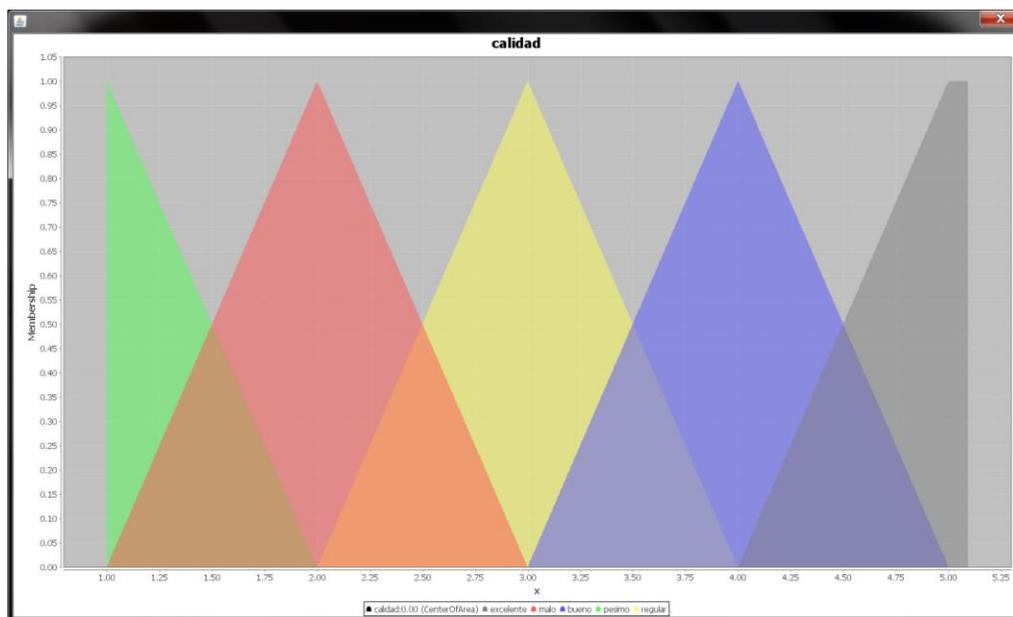


Figura 4.7 Funciones de membresía para calidad

4.4.2 Definición de la fusificación

Una vez definidas las entradas al sistema (criterios de evaluación) y sus funciones de membresía correspondientes, se establece las reglas de inferencia necesarias para aplicar el método de fusificación de Mamdani (Ross 2009).

Se establecieron 45 reglas de inferencia, esto de acuerdo a las posibles combinaciones sin repetición de los criterios de evaluación. Cabe aclarar que la definición de las reglas de inferencias es algo totalmente abierto y que se va optimizando de acuerdo a los resultados que se obtienen

de la implementación del EDM. Estas 45 reglas de inferencia se establecieron aplicando el operador lógico AND entre las tres entradas, resultando la sintaxis del Código 4.1.

Código 4.1 Sintaxis general de regla de inferencia

```
IF variable_Lingüística_1 IS terminoLingüístico_1_1  
AND variable_Lingüística_2 IS terminoLingüístico_2_1  
AND variable_Lingüística_3 IS terminoLingüístico_3_1  
THEN variable_Lingüística_Salida IS terminoLingüístico_S_1
```

En la Código 4.2 se muestra un ejemplo tomando la sintaxis anterior pero con valores de las variables y términos lingüísticos que se establecieron.

Código 4.2 Ejemplo de una regla de inferencia

```
IF calificacionAtributos IS pesimo  
AND calificacionPosicion IS malo  
AND nivelUsuario IS nuevo  
THEN calidad IS pesimo
```

Las reglas de inferencia se presentan en la Tabla 4.5, ahí se presentan las combinaciones posibles para los criterios de evaluación.

Tabla 4.5 Reglas de inferencia diseñadas

calificacionAtributos	calificacionPosicion	nivelUsuario	calidad
pésimo	malo	nuevo	pésimo
pésimo	malo	amateur	pésimo
pésimo	malo	experto	pésimo
pésimo	regular	nuevo	pésimo
pésimo	regular	amateur	malo
pésimo	regular	experto	malo
pésimo	bueno	nuevo	malo
pésimo	bueno	amateur	malo
pésimo	bueno	experto	malo
malo	malo	nuevo	pésimo
malo	malo	amateur	pésimo
malo	malo	experto	malo
malo	regular	nuevo	malo
malo	regular	amateur	malo
malo	regular	experto	regular
malo	bueno	nuevo	malo
malo	bueno	amateur	regular
malo	bueno	experto	regular
regular	malo	nuevo	malo
regular	malo	amateur	malo
regular	malo	experto	regular
regular	regular	nuevo	regular
regular	regular	amateur	regular
regular	regular	experto	bueno
regular	bueno	nuevo	regular
regular	bueno	amateur	bueno
regular	bueno	experto	bueno
bueno	malo	nuevo	regular
bueno	malo	amateur	regular
bueno	malo	experto	bueno
bueno	regular	nuevo	regular
bueno	regular	amateur	regular
bueno	regular	experto	bueno
bueno	bueno	nuevo	bueno
bueno	bueno	amateur	bueno
bueno	bueno	experto	bueno
excelente	malo	nuevo	regular
excelente	malo	amateur	bueno
excelente	malo	experto	bueno
excelente	regular	nuevo	bueno
excelente	regular	amateur	bueno
excelente	regular	experto	bueno
excelente	bueno	nuevo	bueno
excelente	bueno	amateur	excelente
excelente	bueno	experto	excelente

4.4.3 Definición de defusificación

Existen dos principales métodos de defusificación: el del centroide o centro de gravedad y el conocido como bisectriz.

El método de centroide se transforma la salida difusa en un número real el cual es la coordenada equis (x) del centro de gravedad de tal conjunto difuso de salida (Ross 2009). La siguiente ecuación describe el cálculo realizado para obtener dicho valor:

$$y_d = \frac{\int_S y\mu_Y(y)dy}{\int_S \mu_Y(y)dy}$$

Donde μ_Y es la función de pertenencia del conjunto de salida Y, cuya variable de salida es y. S es el dominio o rango de integración.

El método de la bisectriz retorna el valor que divide en dos partes iguales el área de la región conformada por el conjunto difuso que se obtuvo a la salida, a comparación del método conocido como “Centro de Gravedad” que considera un arreglo de masas puntuales del conjunto difuso de salida. En la Figura 4.8 se observa como la diferencia es mínima.

Como método de defusificación se utiliza el método de “Bisectriz” ya que como parte de la optimización de la implementación, es el método con el que se obtuvo mejores resultados. Este método ya es aplicado con la biblioteca que se describe en la siguiente sección.

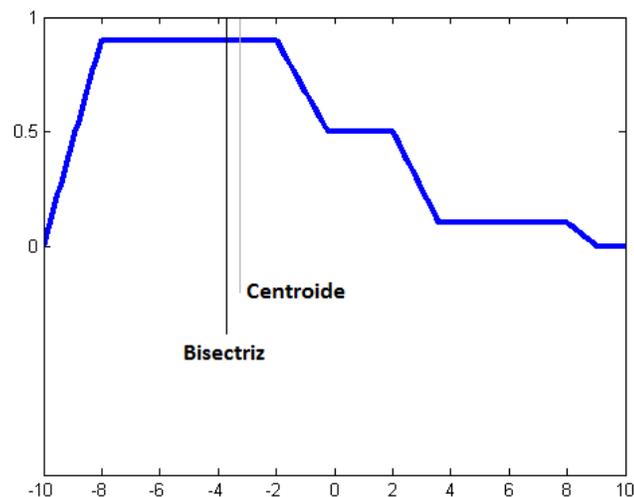


Figura 4.8 Métodos de defusificación

4.5 Implementación del Evaluador Difuso Multicriterio

El EDM diseñado se implementó con el lenguaje de programación Java, para ello se utilizó la biblioteca de programación *jFuzzyLogic* (Cingolani & Alcalá-Fdez 2013). *jFuzzyLogic* implementa *Fuzzy Control Language* (FCL), que estandariza los sistemas de lógica difusa de programación y reduce los tiempos de programación mediante la eliminación de la necesidad de llevar a cabo las tareas de programación base para un Sistema de Inferencia Difusa (*FIS, Fuzzi Inference System*) (Cingolani & Alcalá-Fdez 2012).

jFuzzyLogic sigue un enfoque independiente de la plataforma, lo que permite que se desarrolle y ejecute en cualquier configuración de hardware y el sistema operativo que soporte Java.

Para la implementación del EDM diseñado haciendo uso de *jFuzzyLogic*, se requiere un archivo **.flc*. Este archivo contiene la descripción del controlador difuso de acuerdo a las reglas del lenguaje estandarizado FLC. En la Código 4.3 se muestra la codificación necesaria para cada una de las etapas del EDM.

Código 4.3 Archivo tesis.flc para definición del EDM

```
FUNCTION_BLOCK tesis // Definición de bloque

// Variables de entrada
VAR_INPUT
    calificacionAtributos : REAL;
    calificacionPosicion : REAL;
    nivelUsuario : REAL;
END_VAR

// Variable de salida
VAR_OUTPUT
    calidad : REAL;
END_VAR

// Variable lingüística 'calificacionAtributos':
// Terminos lingüísticos {'pesimo', 'malo', 'regular', 'bueno', 'excelente'}
FUZZIFY calificacionAtributos
    TERM pesimo := (1, 1) (2, 0) ;
    TERM malo := (1, 0) (2,1) (3,0);
    TERM regular := (2, 0) (3, 1) (4,0);
    TERM bueno := (3, 0) (4,1) (5,0);
    TERM excelente := (4, 0) (5, 1);
END_FUZZIFY

// Variable lingüística 'calificacionPosicion'
// Terminos lingüísticos {'malo ', 'regular', 'bueno'}
FUZZIFY calificacionPosicion
    TERM malo := (1, 1) (1.8,0) ;
    TERM regular := (1.2,0) (2,1) (2.8,0);
    TERM bueno := (2.2,0) (3,1);
END_FUZZIFY
```

```
// Variable lingüística nivelUsuario
// Terminos lingüísticos { 'nuevo', 'amateur', 'experto'}
FUZZIFY nivelUsuario
    TERM nuevo := (1, 1) (1.8,0) ;
    TERM amateur := (1.2,0) (2,1) (2.8,0);
    TERM experto := (2.2,0) (3,1);
END_FUZZIFY

// Variable lingüística 'calidad'
// Terminos lingüísticos {'pesimo', 'malo' , 'regular', 'bueno', 'excelente'}
DEFUZZIFY calidad
    TERM pesimo := (1, 1) (2, 0) ;
    TERM malo := (1, 0) (2,1) (3,0);
    TERM regular := (2, 0) (3, 1) (4,0);
    TERM bueno := (3, 0) (4,1) (5,0);
    TERM excelente := (4, 0) (5, 1);
    METHOD : COA; // Usa 'Centre of Area' como metodo de defusificacion
    DEFAULT := 0; // Valor default es 0 (Si la regla no activa el defusificador)
END_DEFUZZIFY

// Reglas de inferencia
RULEBLOCK No1
    AND : MIN; // Usar 'min' para 'and'
    ACT : MIN; // Usar 'min' metodo de activacion
    ACCU : MAX; // Usar 'max' metodo de acumulacion

RULE 1 : IF calificacionAtributos IS pesimo AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS nuevo
THEN calidad IS pesimo;

RULE 2 : IF calificacionAtributos IS pesimo AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS pesimo;

RULE 3 : IF calificacionAtributos IS pesimo AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS
experto THEN calidad IS pesimo;

RULE 4 : IF calificacionAtributos IS pesimo AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario IS
nuevo THEN calidad IS pesimo;

RULE 5 : IF calificacionAtributos IS pesimo AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS malo;

RULE 6 : IF calificacionAtributos IS pesimo AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario IS
experto THEN calidad IS malo;

RULE 7 : IF calificacionAtributos IS pesimo AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
nuevo THEN calidad IS malo;

RULE 8 : IF calificacionAtributos IS pesimo AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS malo;

RULE 9 : IF calificacionAtributos IS pesimo AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
experto THEN calidad IS malo;

RULE 10 : IF calificacionAtributos IS malo AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS nuevo
THEN calidad IS pesimo;

RULE 11 : IF calificacionAtributos IS malo AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS pesimo;

RULE 12 : IF calificacionAtributos IS malo AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS
experto THEN calidad IS malo;

RULE 13 : IF calificacionAtributos IS malo AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario IS
nuevo THEN calidad IS malo;

RULE 14 : IF calificacionAtributos IS malo AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS malo;

RULE 15 : IF calificacionAtributos IS malo AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario IS
experto THEN calidad IS regular;

RULE 16 : IF calificacionAtributos IS malo AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS nuevo
THEN calidad IS malo;

RULE 17 : IF calificacionAtributos IS malo AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS regular;

RULE 18 : IF calificacionAtributos IS malo AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
```

Información geográfica voluntaria para la actualización y validación de conjuntos de datos geoespaciales

```
experto THEN calidad IS regular;

RULE 19 : IF calificacionAtributos IS regular AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS
nuevo THEN calidad IS malo;

RULE 20 : IF calificacionAtributos IS regular AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS malo;

RULE 21 : IF calificacionAtributos IS regular AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS
experto THEN calidad IS regular;

RULE 22 : IF calificacionAtributos IS regular AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario IS
nuevo THEN calidad IS regular;

RULE 23 : IF calificacionAtributos IS regular AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS regular;

RULE 24 : IF calificacionAtributos IS regular AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario IS
experto THEN calidad IS bueno;

RULE 25 : IF calificacionAtributos IS regular AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
nuevo THEN calidad IS regular;

RULE 26 : IF calificacionAtributos IS regular AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS bueno;

RULE 27 : IF calificacionAtributos IS regular AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
experto THEN calidad IS bueno;

RULE 28 : IF calificacionAtributos IS bueno AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS nuevo
THEN calidad IS regular;

RULE 29 : IF calificacionAtributos IS bueno AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS regular;

RULE 30 : IF calificacionAtributos IS bueno AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS
experto THEN calidad IS bueno;

RULE 31 : IF calificacionAtributos IS bueno AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario IS
nuevo THEN calidad IS regular;

RULE 32 : IF calificacionAtributos IS bueno AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS regular;

RULE 33 : IF calificacionAtributos IS bueno AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario IS
experto THEN calidad IS bueno;

RULE 34 : IF calificacionAtributos IS bueno AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
nuevo THEN calidad IS bueno;

RULE 35 : IF calificacionAtributos IS bueno AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS bueno;

RULE 36 : IF calificacionAtributos IS bueno AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
experto THEN calidad IS bueno;

RULE 37 : IF calificacionAtributos IS excelente AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS
nuevo THEN calidad IS regular;

RULE 38 : IF calificacionAtributos IS excelente AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS bueno;

RULE 39 : IF calificacionAtributos IS excelente AND calificacionPosicion IS malo AND nivelUsuario IS
experto THEN calidad IS bueno;

RULE 40 : IF calificacionAtributos IS excelente AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario
IS nuevo THEN calidad IS bueno;

RULE 41 : IF calificacionAtributos IS excelente AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario
IS amateur THEN calidad IS bueno;

RULE 42 : IF calificacionAtributos IS excelente AND calificacionPosicion IS regular AND nivelUsuario
IS experto THEN calidad IS bueno;

RULE 43 : IF calificacionAtributos IS excelente AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
nuevo THEN calidad IS bueno;

RULE 44 : IF calificacionAtributos IS excelente AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
amateur THEN calidad IS excelente;

RULE 45 : IF calificacionAtributos IS excelente AND calificacionPosicion IS bueno AND nivelUsuario IS
```

```
experto THEN calidad IS excelente;  
  
END_RULEBLOCK  
  
END_FUNCTION_BLOCK
```

De acuerdo al Código 4.3 en donde se define un bloque de función, y dentro de él:

- Las variables lingüísticas como valores numéricos reales.
- Los términos lingüísticos para cada entrada del EDM. En el caso de los términos lingüísticos de los extremos se definen funciones de membresía triangulares abiertas por la derecha e izquierda respectivamente, es por ello que solo se declaran los dos puntos para cada uno del universo de discurso. Para los demás términos lingüísticos se definen tres puntos dentro del universo de discurso.
- El término lingüístico para la salida del EDM. De igual manera se definen funciones de membresía triangulares. Además se define el método de defusificación, que en este caso es "Centro de área (COA)" y el valor default para cuando las entradas no corresponden a alguna regla de inferencia,
- Un bloque de reglas de inferencia, el cual contiene la definición de los operadores a utilizar para cada método y las 45 reglas definidas en el diseño del EDM.

El Código 4.4 muestra el código en lenguaje Java necesario para ejecutar el código del archivo *.fcl en el entorno Java. La librería de programación *jFuzzyLogic* se encarga de tomar el archivo *.fcl e interpretarlo con el lenguaje Java para su ejecución.

*Código 4.4 Código Java para la ejecución del EDM definido en el archivo *.fcl*

```
public class TesisjFuzzyLogic{  
  
    public static void main(String[] args) {  
  
        // Cargar archivo FCL  
        String fileName = "tesis.fcl";  
        FIS fis = FIS.load(fileName,true);  
  
        // Detección de error en carga de archivo FCL  
        if( fis == null ) {  
            System.err.println("Can't load file: " + fileName + "");  
            return;  
        }  
  
        // Obtención del bloque de función principal  
        FunctionBlock fb = fis.getFunctionBlock(null);  
  
        // Definición de los valores de las variables de entrada  
        fb.setVariable("calificacionAtributos", 1);  
        fb.setVariable("calificacionPosicion", 1);  
        fb.setVariable("nivelUsuario", 1);  
  
        // Evaluación del bloque  
        fb.evaluate();  
  
        // Resultado de calidad
```

```
        System.out.println("Calidad: " + fb.getVariable("calidad").getValue());  
    }  
}
```

Como se puede observar en el Código 4.4, la codificación en Java para ejecutar el EDM definido en el archivo *.fcl resulta ser muy sencilla y entendible. En resumen los pasos que se hacen son:

- Cargar el archivo *.fcl.
- Obtener el bloque de función definido.
- Definir los valores escalares para las entradas.
- Evaluar el controlador
- Obtener la salida con un valor escalar.

Este bloque de código Java se ejecuta cada vez que un usuario realice una evaluación sobre una unidad económica; se ejecuta el bloque del controlador difuso con los valores proporcionados por el usuario en la evaluación de los criterios.

4.6 Etapa de visualización

En esta etapa se presenta las acciones realizadas en las dos etapas anteriores. Consiste en mostrar el mapa con las coordenadas actuales del usuario, en donde sobre él aparecen como puntos todas las unidades económicas registradas en el sistema hasta la fecha. El usuario tiene la libertad de consultar cualquier unidad económica y sus respectivos atributos además de llevar a cabo las modificaciones deseadas. Es por esto que a continuación se describen los algoritmos para cada una de las acciones principales que un usuario ejecuta sobre las unidades económicas.

4.6.1 Consideraciones

- *Geodemos* cuenta con una pantalla de bienvenida donde el usuario se le explica en qué consiste el sistema.
- Existe un apartado donde el usuario da de alta una unidad económica o la edita (posición geográfica y atributos).

- Existe un apartado de consulta de información en donde también puede proceder a evaluar la calidad de las unidades económicas.
- Consulta del propio perfil de usuario.
- El perfil de administrador cuenta con un apartado para el control de los demás usuarios.

4.6.2 Alta de una unidad económica

En el Código 4.5 se muestra el pseudocódigo para la ejecución del alta de una unidad económica.

Código 4.5 Algoritmo para dar de alta una unidad económica

Entradas: Atributos $A_1 \dots A_n$ con valores respectivos $a_1 \dots a_n$. Posición geográfica descompuesta en longitud X y latitud Y

Salida: ID de unidad económica registrada.

```
//Creacion de una nueva unidad
1. unidadEconomica = new UnidadEconomica();
   //Para la nueva unidad economica agregar sus atributos
2. foreach  $A_i$  do
3.     agregar( $a_i$ )
4. end
   //Para la nueva unidad economica fijar su posicion
5. fijarPosicion( $X, Y$ )
   //Obtener un ID unico de acuerdo a la fecha y hora de registro
6. ID = timestamp();
```

4.6.3 Modificación de una unidad económica

En el Código 4.6 se muestra el pseudocódigo para la modificación de una unidad económica.

Código 4.6 Algoritmo para modificar una unidad económica

Entradas: ID unidad económica. Atributos $A_1 \dots A_n$ con valores respectivos $a_1 \dots a_n$. Posición geográfica descompuesta en longitud X y latitud Y

Salida: Confirmación de edición como un registro.

```
//Obtener unidad económica con base al ID y generar una copia
1. unidadEconomica = getUnidadEconomica(ID)
//Para la copia agregar sus atributos modificados
2. foreach  $A_i$  do
3.     agregar( $a_i$ )
4. end
//Para la copia fijar su posición modificada
5. fijarPosicion(X,Y)
//Confirmar nuevo registro de la misma unidad
6. confirmacion();
```

4.6.4 Eliminar una unidad económica

En el Código 4.7 se muestra el pseudocódigo para la modificación de una unidad económica.

Código 4.7 Algoritmo para eliminar una unidad económica

Entradas: ID unidad económica.

Salida: Confirmación de eliminación del registro.

```
//Eliminar unidad económica con base al ID
1. eliminarUnidadEconomica(ID)
//Confirmar eliminación del registro de la misma unidad
2. confirmacion();
```

4.6.5 Evaluar criterios una unidad económica

En el Código 4.8 se muestra el pseudocódigo para la evaluación de criterios de una unidad económica por parte de un usuario.

Código 4.8 Algoritmo para evaluar una unidad económica

Entradas: ID unidad económica. Calidad percibida por el usuario. Precisión en las coordenadas por parte del usuario. Nivel del usuario.

Salida: Calidad promedio

```
//Ejecutar Evaluador Difuso Multicriterio
1. evaluador(Criterio1, Criterio2, Criterio3)
//Obtención de la calidad para los criterios introducidos
2. calidad = resultadoEvaluador();
// Obtención de la calidad promedio
3. promediarCalidad(ID)
```

4.6.6 Validar una unidad económica

En el Código 4.9 se muestra el pseudocódigo para la validación de una unidad económica por parte de un administrador. De esta forma de todos los registros (ediciones) que tenga una unidad económica, el sistema se quedara con el registro que el Administrador considere óptimo de acuerdo a su calidad.

Código 4.9 Algoritmo para validar una unidad económica

Entradas: ID Administrador. ID unidad económica.

Salida: Confirmación de validación de la unidad económica.

```
//Seleccionar registro optimo
1. validar(IDAdministrador, IDUnidadEconomica)
//Eliminar otros registros con menor calidad.
2. eliminarRegistrosNoValidos();
//Confirmar validación.
3. confirmacion();
```

4.7 Discusión

Resulta de mucha importancia hacer nuevamente énfasis en que la metodología no es un proceso lineal, sino es un proceso cíclico en donde cada una de las etapas mencionadas se retroalimenta.

Un usuario primero debe poder visualizar las unidades económicas o en su caso dar de alta alguna, para que él y otros usuarios inicien el proceso de actualización y modificación.

Posterior a eso la etapa más importante y de mayor aportación de este proyecto es la implementación del Evaluador Difuso Multicriterio, ya que toma las evaluaciones de los usuarios y mediante la aplicación de lógica difusa obtiene un resultado certero de calidad.

Y por último como enfoque jerárquico la importancia de que un Experto (Administrador) considere este resultado de la calidad, para decidir la validación final de la unidad económica. Una vez validada la unidad económica, esta regresa a la etapa de validación para seguir el ciclo, dando como resultado una mejora continua de la misma.

En el siguiente capítulo se muestran el análisis y diseño desarrollados para la implementación de *Geodemos*. Se incluyen algunos resultados obtenidos por el *EDM* de acuerdo a ciertos valores de los criterios de entrada. Y por último se tienen algunas capturas de pantalla de la interfaz de *Geodemos*.

5. Pruebas y resultados

En este capítulo se muestra con cierto detalle el diseño, análisis y modelado del sistema. Esto con la finalidad de aclarar aquellas partes técnicas del funcionamiento del mismo. Además se presentan algunas capturas de pantalla donde se muestra el funcionamiento de las tres etapas que se describieron en la metodología. Por último se muestran algunos escenarios de prueba en especial para ver los resultados obtenidos en la etapa de validación de VGI.

5.1 Requerimientos

5.1.1 Identificación de actores

Como ya se especificó en la sección 4.1.1 se cuentan con tres actores: *Usuario internet*, *Usuario* y *Administrador*. El primer actor no juega un papel dentro del funcionamiento esencial del sistema ya que es un usuario que no tiene una cuenta para hacer uso de *Geodemos*.

El *Usuario* y el *Administrador* son los protagonistas del sistema y como ya se hizo mención el *Administrador* cuenta con privilegios lo cual establece un enfoque jerárquico (Goodchild & Li 2009).

5.1.2 Identificación de escenarios

Los escenarios identificados son los siguientes:

- Escenario 1: Registro de usuarios / Creación de cuenta

Para que una persona pueda hacer uso del sistema es necesario que realice un registro y con ello se creará una cuenta. El usuario accede a la página de registro en donde llena un formulario con los campos correspondientes a nombre, correo electrónico, un nombre de usuario y una contraseña.

- Escenario 2: Iniciar sesión

Para que una persona pueda hacer uso del sistema es necesario que ésta inicie sesión introduciendo su nombre de usuario y contraseña.

- Escenario 3: Administración de usuarios

Hay usuarios que tienen un rol de Administrador, los cuales son los únicos con el derecho de realizar bajas de cuentas de otros usuarios, además de ellos asignar rango de administrador.

- Escenario 4: Capturar información geográfica

Todos los usuarios tienen la posibilidad de dar alta nuevos puntos geográficos que indiquen una unidad económica. Además tienen la posibilidad de asignarle atributos como lo son un nombre, dirección, giro, teléfono y horario de servicio.

- Escenario 5: Modificar/Eliminar información geográfica

Un usuario puede modificar o eliminar la información sobre las unidades económicas pero no puede eliminar información de otro usuario a menos de que tenga grado de administrador.

- Escenario 6: Bitácora/Historial de usuario

Cada usuario debe tener una bitácora en donde se registre todos los movimientos que impliquen alta, modificación o eliminación de unidades económicas. Se debe indicar el tipo de edición, sobre qué unidad se realizó, la fecha y la hora. Para el caso del Administrador, éste puede además ver historial sobre las bajas de cuentas que ha realizado y la asignación de Administrador a otros usuarios.

- Escenario 7: Evaluar calidad de unidades registradas

Entre los usuarios van a poder llevar a cabo la evaluación de calidad de unidades registradas, es decir, un usuario puede asignar dos diferentes calificaciones a una unidad económica registrada por otros usuarios. La primer evaluación es asignar un rango de calidad que consiste de 1 a 5, siendo 1 el menor grado de calidad hasta 5 el mayor grado de calidad percibida de los atributos. La segunda evaluación es otorgar una calificación de 1 a 3 siendo 1 el menor grado de calidad hasta 3 el mayor grado de calidad percibida de la posición geográfica del punto.

- Escenario 8: Reputación de usuario

Se otorgará una reputación a aquellos usuarios de acuerdo a la cantidad de unidades económicas que hayan capturado.

- Escenario 9: Perfil de usuario

Cada usuario tiene la posibilidad de poder editar su información personal correspondiente a su cuenta.

5.1.3 Casos de uso

De acuerdo a los escenarios establecidos se identificaron los casos de uso correspondientes. Estos se describen en el Anexo 1.

5.1.4 Diagrama de casos de uso

En la Figura 5.1 se muestra cómo los actores interactúan con los casos de uso. Se puede ver que Administrador es una generalización de *Usuario* ya que puede hacer lo mismo que Usuario pero con algunos privilegios extras establecidos en la sección 4.1.1.

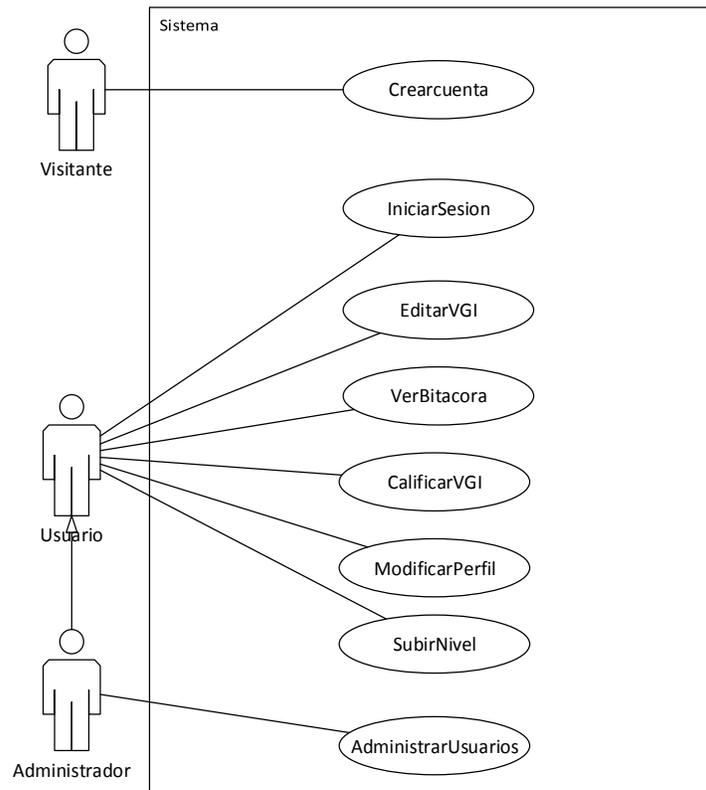


Figura 5.1 Diagrama de casos de uso del sistema

5.1.5 Identificación inicial de objetos de análisis

En el Anexo 2 se describe esta sección la cual contempla la descripción inicial de objetos que forman parte de los casos de uso.

5.1.6 Identificación de requerimientos no funcionales

1. El diseño de la aplicación web debe proporcionar una interfaz intuitiva para facilitar el uso de la misma a los usuarios.
2. Las actualizaciones sobre los datos que los usuarios hagan sobre el sistema como podrían ser los correspondientes a los casos de uso *IniciarSesion*, *CrearCuenta*, *EditarVGI*, *ModificaPerfil* deben verse reflejadas al instante.
3. El sistema debe ser capaz de poder soportar el tráfico de datos en el uso de la aplicación Web.
4. Se debe implementar los métodos necesarios para ser tolerante a errores que conlleven a una falla en el flujo de actividades de todos los diagramas de casos de uso.
5. Se debe garantizar que el Administrador sea el único con los privilegios ya descritos.

5.2 Análisis

5.2.1 Identificación de objetos entidad, de objetos frontera y de objetos control

De acuerdo con la definición de objetos entidad, se estableció que la Tabla A2.1 del Anexo 2 corresponde exactamente a esta categoría por lo que los objetos frontera identificados son esos mismos. Esto sucede así ya que en la identificación inicial de análisis es más fácil determinar estos objetos por las heurísticas establecidas que sirven como guía.

Los objetos frontera y de control se describen en el Anexo 3. La identificación de los objetos frontera permite representar la interacción entre los actores ya mencionados y el sistema. Por su parte los objetos control representan las actividades soportadas por el sistema y que los actores pueden llevar a cabo.

5.2.2 Diagramas de secuencia

Una vez identificados los tres tipos de objetos se procede a crear los diagramas de secuencia para cada caso de uso identificado. Esto se describe en el Anexo 4.

5.2.3 Identificación de asociaciones y atributos

La Figura 5.2 establece un diagrama de clases en donde se asocian los objetos declarados como entidad y se le asignan los atributos identificados.

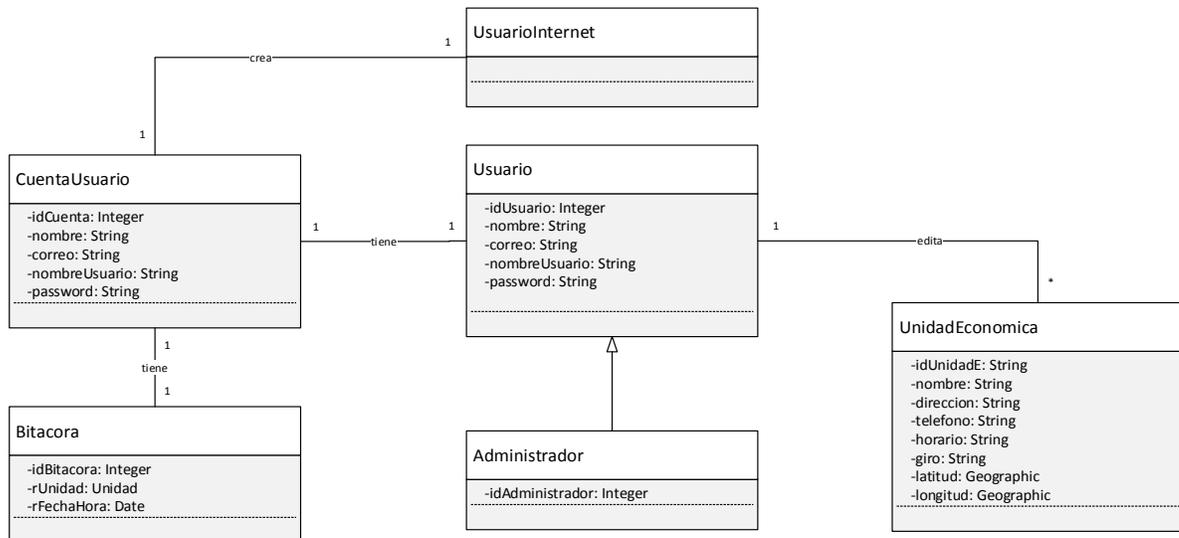


Figura 5.2 Diagrama de Clases del sistema

5.3 Diseño

5.3.1 Identificación de los objetivos de diseño

Entre los objetivos de diseño identificados de acuerdo a los requerimientos no funcionales y a los requerimientos especiales de los casos de uso se tienen:

1. **Tolerante a fallas:** El sistema debe poder mantener el flujo de eventos, si un usuario realiza una acción que pueda provocar un mal flujo de los eventos, el sistema debe notificar el flujo adecuado.
2. **Útil:** El diseño de la interfaz debe ser simple de tal manera que resulte intuitivo para el usuario.
3. **Seguro:** se debe garantizar que el Administrador sea el único con privilegios para administrar las cuentas de otros usuarios. Entre los usuarios no pueden ver datos personales de algún otro.
4. **Rápido tiempo de respuesta:** se deben actualizar los datos modificados por los usuarios en general, a la brevedad posible.
5. **Modificable/Escalable:** se definirán todos los módulos garantizando que si se requieren hacer cambios en el futuro, resulte lo más simple y no afecte a otras partes vitales del sistema. Esto también permitirá reducir costos futuros.
6. **Disponibilidad:** el sistema debe estar disponible en todo momento ya que, al ser utilizado por demasiados usuarios de manera aleatoria, no se puede establecer un tiempo fijo de uso, sino adaptarse al tiempo en que el usuario pueda hacer uso del sistema.
7. **Confiable:** se debe garantizar integridad sobre los datos, es decir, que los datos que se hayan asignado a una *UnidadEconomica* o datos de Usuario deben ser íntegros para su respectivo propietario.

8. **Portabilidad:** el sistema debe poder ejecutarse como una aplicación web que se pueda hacer uso de ella en diferentes navegadores de Internet y dispositivos.

5.3.2 Identificación de subsistemas

Se identificaron tres subsistemas de acuerdo al diagrama de la Figura 5.3.

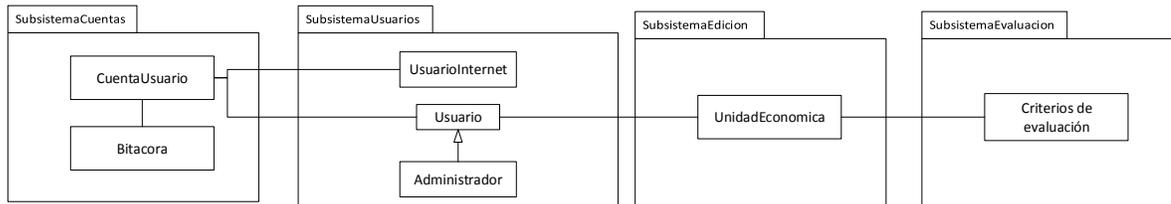


Figura 5.3 Diagrama de subsistemas

SubsistemaCuentas

Es el subsistema que se encarga de las clases *CuentaUsuario* y *Bitacora*. Estas dos clases contienen los atributos y métodos necesarios para poder identificar a los usuarios y la bitácora de edición ligada a dicha cuenta.

SubsistemaUsuarios

Este subsistema contiene las clases pertenecientes a todos los tipos de usuarios (*UsuarioInternet*, *Usuario* y *Administrador*). Este subsistema se utiliza para que los usuarios puedan crear una cuenta o iniciar sesión según sea el caso.

SubsistemaEdicion

Este subsistema se encarga de todas las actividades correspondientes a la edición de unidades económicas (Captura, Modificar, Eliminar).

SubsistemaEvaluacion

Este subsistema se encarga de las actividades correspondientes a la captura de los criterios y la aplicación del método de evaluación multicriterio.

5.3.3 Administración de datos persistentes

Se requiere que ciertos datos se mantengan almacenados. De acuerdo al diagrama de clases de la Figura 5.4, se requiere tener un medio de almacenamiento para *CuentaUsuario*, *Bitacora* y *UnidadEconomica*.

Para esto se plantea hacer uso de un sistema de administración de base de datos de tipo relacional. Se utilizara *PosgreSQL* como *SGBD*, y para la parte geoespacial de los datos correspondientes a *UnidadEconomica* se plantea hacer uso de la extensión *PostGIS* que permite contar con datos de tipo geoespaciales.

El hacer uso de una base de datos permite obtener los datos de manera más rápida, tenerlos más organizados y poder realizar las consultas necesarias sobre los datos, en especial gracias a *PostGIS* en lo que se refiere a los datos geoespaciales.

Entonces se tendrá un nuevo subsistema encargado de realizar las transacciones de datos. Este será el *SubistemaAlmacenamiento*, quien será el responsable del almacenamiento de la información relacionada a *CuentaUsuario*, *Bitacora* y *UnidadEconomica*.

De *CuentaUsuario* es importante contar con la información de perfil de cada usuario del sistema, para que puedan ser autenticados al momento de iniciar su sesión y así hacer uso del sistema.

De la *Bitacora* se requiere guardar el registro de edición ya que así se tiene un mayor control.

De *UnidadEconomica* es importante mantener los datos cuando ya fue dada de alta ya que así puede ser consultada por otro usuario en un futuro.

5.3.4 Control de acceso y seguridad

Como se indicó en los requerimientos no funcionales, se debe mantener bien definido las actividades que pueden hacer los tres actores del sistema.

UsuarioInternet

Este usuario prácticamente no tiene permiso para hacer uso de las funciones principales del sistema. Es un tipo de usuario que solo puede acceder a la aplicación Web para ver el entorno y

ver de qué trata el sistema. La única opción disponible para él, es el poder crear una cuenta y de esta forma convertirse en un Usuario registrado. El objeto de control *IniciarSesion* es el encargado de no permitir el acceso si no se cuenta con una *CuentaUsuario*.

Usuario

Es un *UsuarioInternet* que ya creó una cuenta y por lo tanto puede iniciar sesión. Una vez autenticado el Usuario por el objeto de control *IniciarSesion*, puede hacer uso de las funcionalidades del sistema.

Dentro de las opciones del sistema se deben restringir los siguientes puntos para un Usuario:

- No puede ver los datos de otro Usuario, esto incluye datos de cuenta y bitácora.
- No puede eliminar objetos de *UnidadEconomica* que no hayan sido registradas por él.

Administrador/Experto

Es la persona que se encarga de administrar *CuentaUsuario*, por lo que él si tiene permiso de poder visualizar los datos de Usuario y además tiene la posibilidad de dar de baja su cuenta. Además dentro de la parte de edición él si cuenta con la posibilidad de editar y eliminar objetos de *UnidadEconomica*, que hayan sido registrados por otro Usuario.

El objeto de control *ControlVerificarTipo* se encarga de analizar qué tipo de usuario es el que está accediendo al sistema una vez que se solicita un inicio de sesión y de esta forma poder determinar qué permisos tendrá dentro de la interfaz.

5.3.5 Condiciones de frontera

Se contemplan condiciones de frontera en estos casos:

- Inicio del sistema: desde que un *UsuarioInternet* entra a la aplicación web el sistema da inicio, pero para que se pueda dar inicio a las funcionalidades del sistema es necesario iniciar sesión.
- Finalización del sistema: de maneta contraria a inicio del sistema, cuando se cierra la sesión, se da cierre a las funcionalidades del sistema.

5.4 Escenarios de prueba del Evaluador Difuso Multicriterio

Las pruebas realizadas recaen sobre la importancia de ver el funcionamiento del método de evaluación multicriterio *Evaluador Multicriterio Difuso* (EDM).

A continuación se muestran los resultados obtenidos de calidad para diferentes valores de los criterios de evaluación.

La Tabla 5.1 muestra el primer caso de prueba las entradas descritas y la salida de calidad obtenida, de acuerdo al método de defusificación de bisectriz como se muestra en la Figura 5.4.

Tabla 5.1 Caso de prueba 1

Criterio / Variable lingüística	Termino lingüístico	Magnitud	Salida / Calidad obtenida
Calificación de atributos	Pésima	1	1.30 Pésima
Calificación de posición	Baja	1	
Nivel de usuario	Amateur	1	

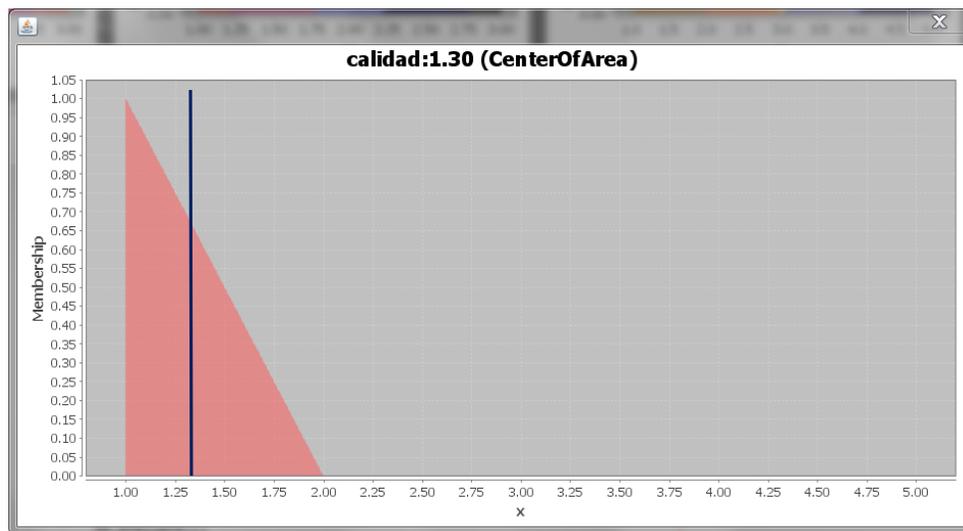


Figura 5.4 Defusificación del caso de prueba 1

La Tabla 5.2 muestra el segundo caso de prueba las entradas descritas y la salida de calidad obtenida, de acuerdo al método de defusificación de bisectriz como se muestra en la Figura 5.5.

Tabla 5.2 Caso de prueba 2

Criterio / Variable lingüística	Termino lingüístico	Magnitud	Salida / Calidad obtenida
Calificación de atributos	Mala	2	2 Mala
Calificación de posición	Media	2	
Nivel de usuario	Amateur	1	

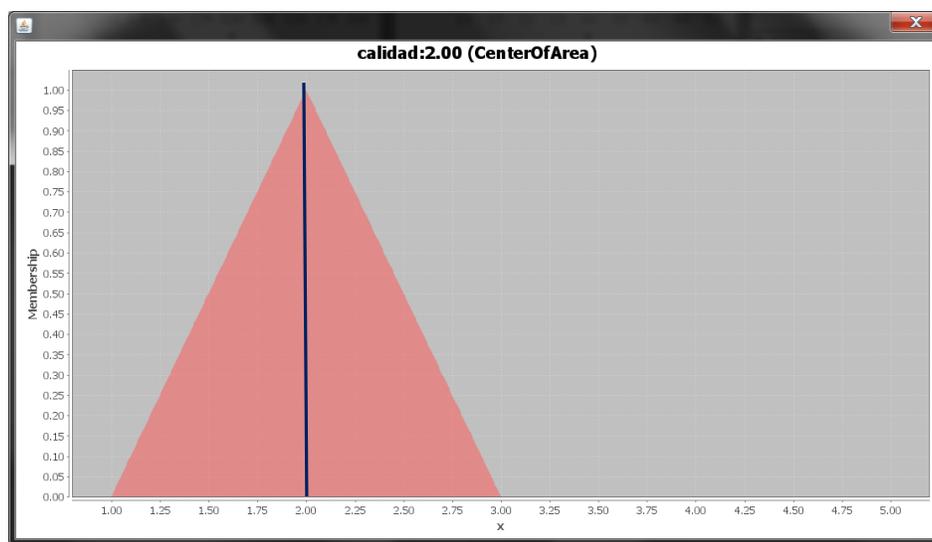


Figura 5.5 Defusificación del caso de prueba 2

La Tabla 5.3 muestra el tercer caso de prueba las entradas descritas y la salida de calidad obtenida, de acuerdo al método de defusificación de bisectriz como se muestra en la Figura 5.6.

Tabla 5.3 Caso de prueba 3

Criterio / Variable lingüística	Termino lingüístico	Magnitud	Salida / Calidad obtenida
Calificación de atributos	Mala	2	3 Regular
Calificación de posición	Media	2	
Nivel de usuario	Experto	3	

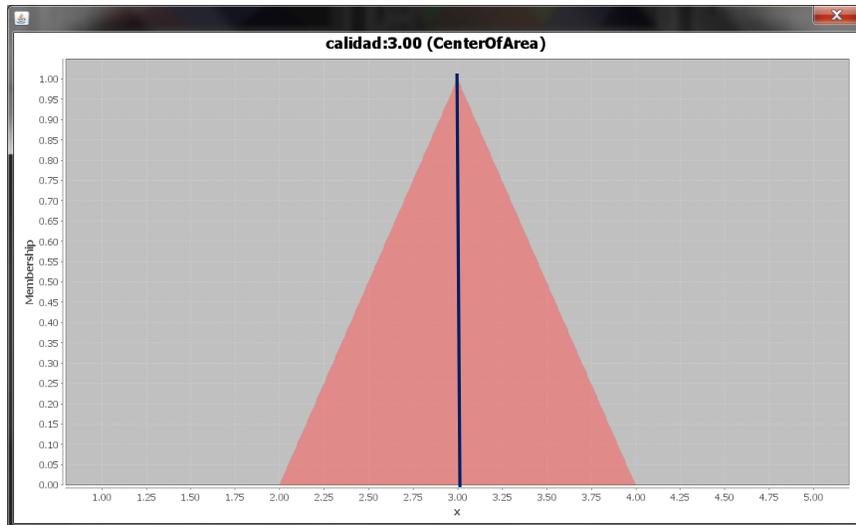


Figura 5.6 Defusificación del caso de prueba 3

La Tabla 5.4 muestra el cuarto caso de prueba las entradas descritas y la salida de calidad obtenida, de acuerdo al método de defusificación de bisectriz como se muestra en la Figura 5.7.

Tabla 5.4 Caso de prueba 4

Criterio / Variable lingüística	Termino lingüístico	Magnitud	Salida / Calidad obtenida
Calificación de atributos	Regular	3	3 Regular
Calificación de posición	Alta	3	
Nivel de usuario	Amateur	1	

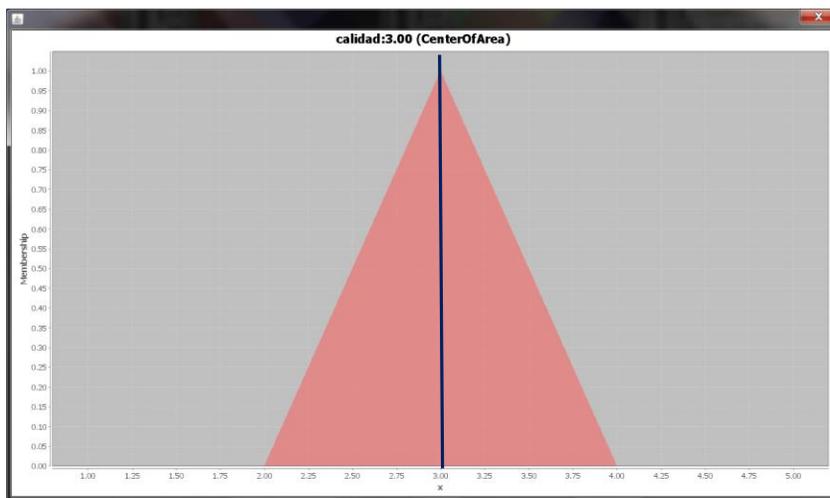


Figura 5.7 Defusificación del caso de prueba 4

La Tabla 5.5 muestra el quinto caso de prueba las entradas descritas y la salida de calidad obtenida, de acuerdo al método de defusificación de bisectriz como se muestra en la Figura 5.8.

Tabla 5.5 Caso de prueba 5

Criterio / Variable lingüística	Termino lingüístico	Magnitud	Salida / Calidad obtenida
Calificación de atributos	Buena	4	4 Buena
Calificación de posición	Alta	3	
Nivel de usuario	Amateur	1	

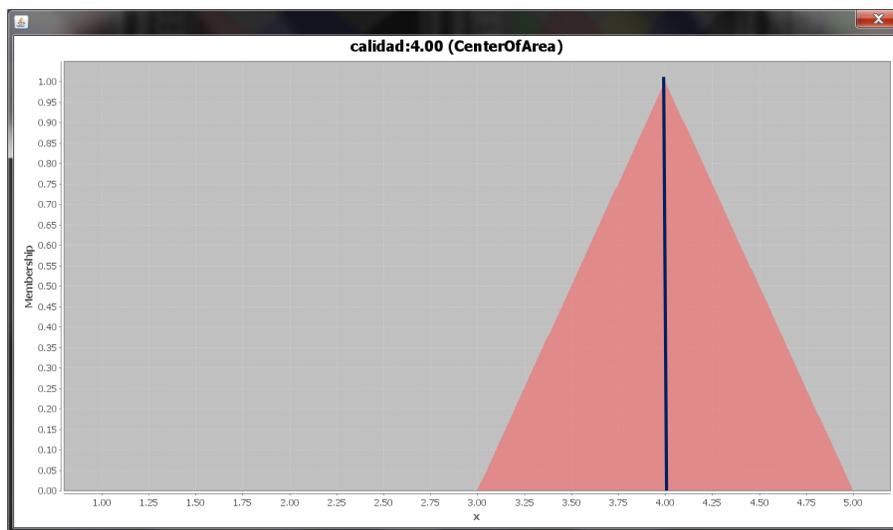


Figura 5.8 Defusificación del caso de prueba 5

La Tabla 5.6 muestra el sexto caso de prueba las entradas descritas y la salida de calidad obtenida, de acuerdo al método de defusificación de bisectriz como se muestra en la Figura 5.9.

Tabla 5.6 Caso de prueba 6

Criterio / Variable lingüística	Termino lingüístico	Magnitud	Salida / Calidad obtenida
Calificación de atributos	Excelente	5	4.7 Excelente
Calificación de posición	Alta	3	
Nivel de usuario	Experto	3	

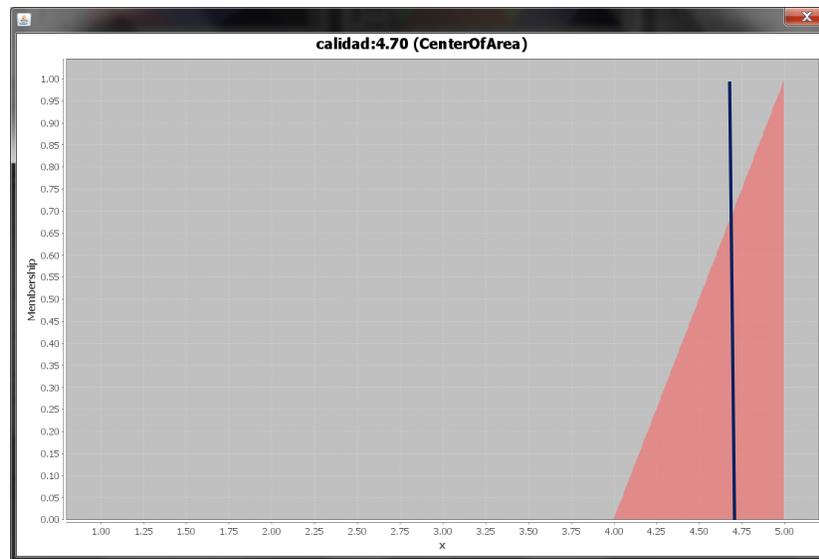


Figura 5.9 Defusificación del caso de prueba 6

5.5 Escenarios de prueba de evaluaciones por varios usuarios

Una vez que un usuario realiza la evaluación considerando los tres criterios establecidos, el resultado obtenido de calidad por el EDM procede a ser considerado para obtener un promedio de todas las evaluaciones hechas por otros usuarios.

La tabla 5.7 muestra las evaluaciones dadas por 5 usuarios diferentes y al final se obtiene el promedio de calidad de la unidad económica.

Tabla 5.7 Promedio obtenido por 5 evaluaciones

Usuario1	Calificación de atributos	5	Calidad obtenida: 4.7
	Calificación de posición	3	
	Nivel de usuario	3	
Usuario2	Calificación de atributos	1	Calidad obtenida: 2
	Calificación de posición	3	
	Nivel de usuario	2	
Usuario3	Calificación de atributos	4	Calidad obtenida: 4
	Calificación de posición	3	
	Nivel de usuario	1	
Usuario4	Calificación de atributos	3	Calidad obtenida: 4
	Calificación de posición	1	
	Nivel de usuario	5	
Usuario5	Calificación de atributos	3	Calidad obtenida: 3
	Calificación de posición	2	
	Nivel de usuario	1	

De acuerdo a los cinco resultados de calidad individuales obtenidas se tiene un promedio de 3.54. Este valor va cambiando conforme mas usuarios realicen una evaluacion para obtener un nuevo valor de caldiad.

5.6 Interfaz de Geodemos

A continuación en las figuras 5.10 a 5.16 se muestran algunas capturas de pantalla de la aplicación del sistema *Geodemos*, resultado de la implementación de la metodología descrita en este trabajo.

La Figura 5.10 muestra la Pantalla de inicio de *Geodemos*, en donde se tiene la opción de ingresar si es que ya se tiene una cuenta de usuario, o de registrarse.

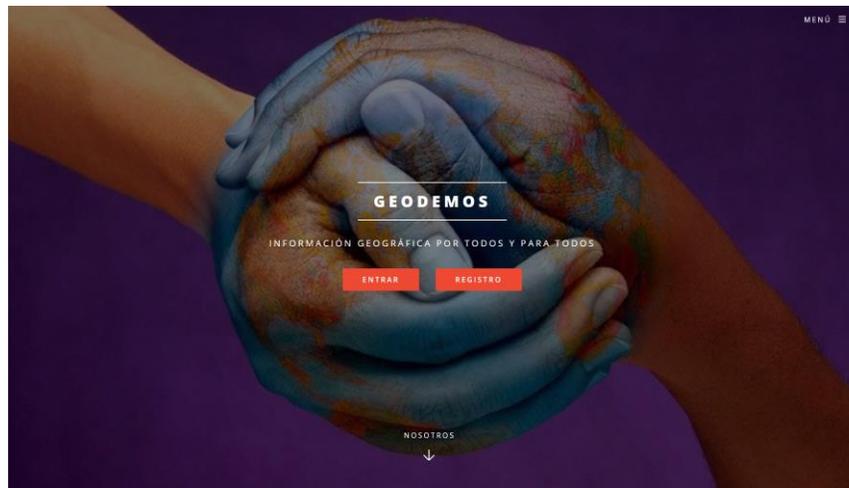


Figura 5.10 Pantalla de inicio

La captura de pantalla de la Figura 5.11 muestra algunas descripciones de lo que es *Geodemos* y en que consiste.



Figura 5.11 Descripción de Geodemos

La captura de pantalla de la Figura 5.12 muestra el formulario para llevar a cabo el registro de un usuario o de un administrador.

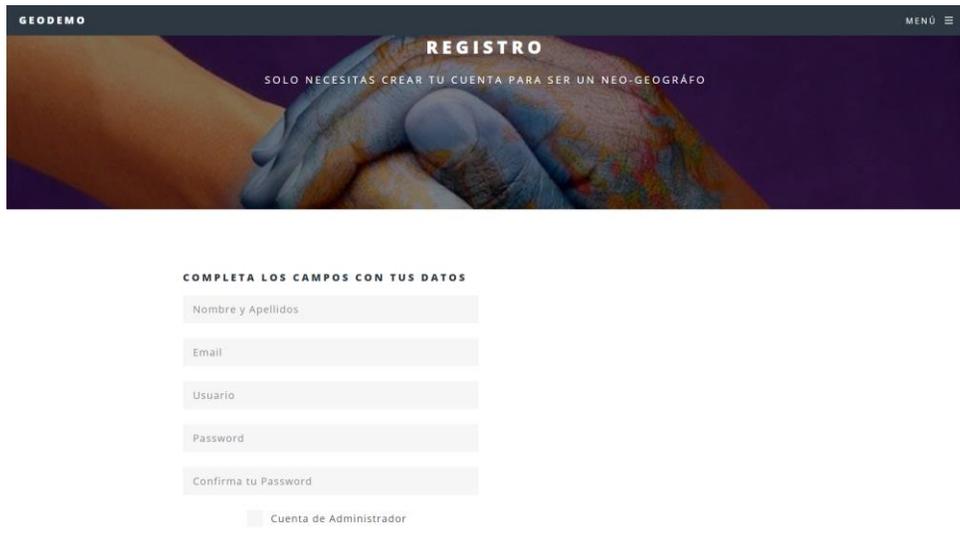


Figura 5.12 Formulario para registro de usuario

La captura de pantalla de la Figura 5.13 muestra la visualización de algunas unidades económicas sobre el mapa (puntos rojos). Estas unidades corresponden a una capa de datos que ya se tenía por parte del DENUe en la delegación Gustavo A. Madero de la Ciudad de México. Estas unidades al ya estar registradas son aptas para proceder con las actividades de edición y de evaluación.

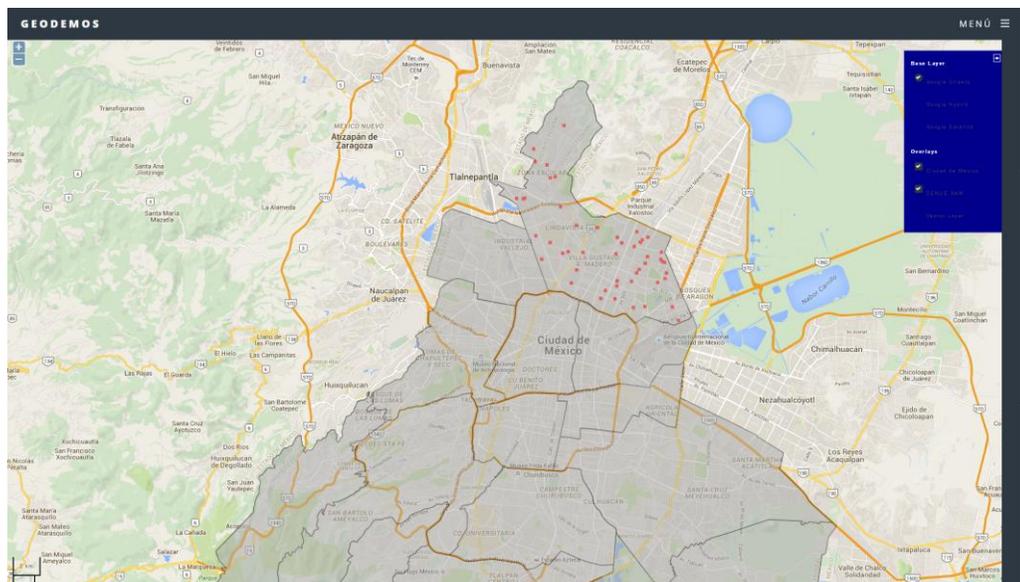


Figura 5.13 Visualización de unidades económicas

La Figura 5.14 muestra la interfaz para llevar a cabo el registro de una unidad sobre el mapa y sus respectivos atributos.

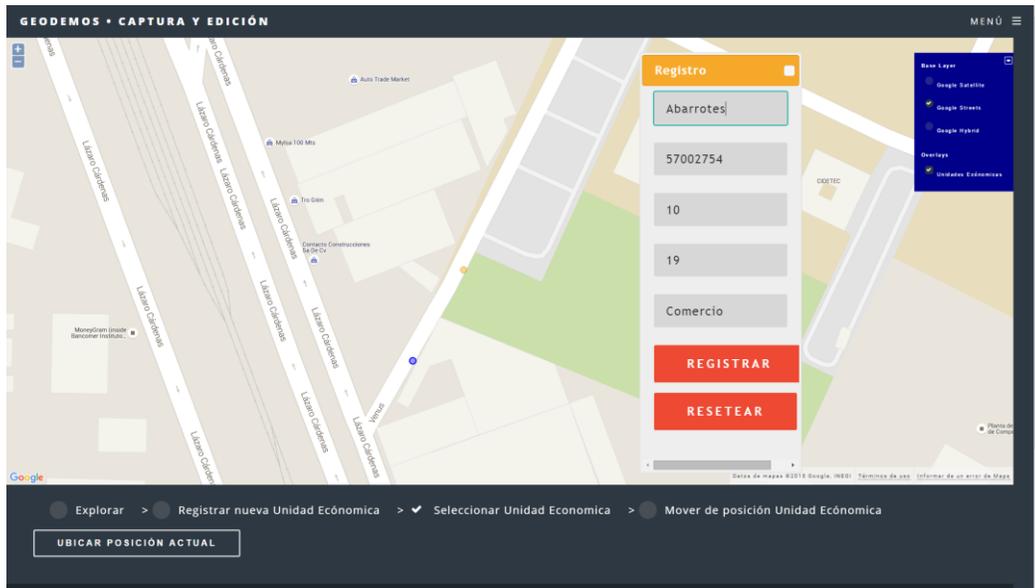


Figura 5.14 Captura y edición de unidades económicas

La Figura 5.15 muestra la interfaz para llevar a cabo la evaluación de criterios para obtener la calidad de una unidad económica.

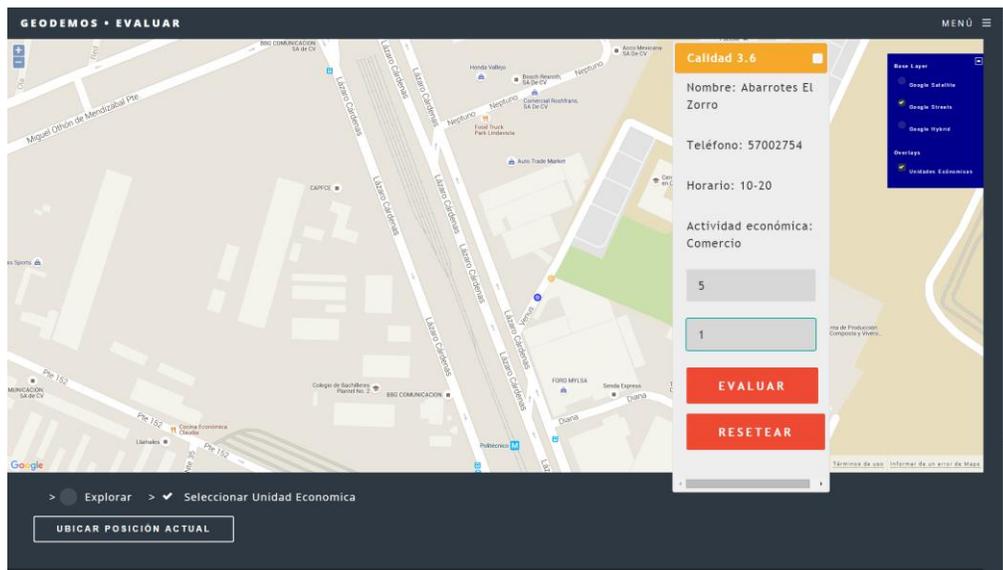


Figura 5.15 Evaluación de unidades económicas

La Figura 5.16 muestra la interfaz para llevar a cabo la validación de los registros para una unidad económica, esto por parte de un Administrador.

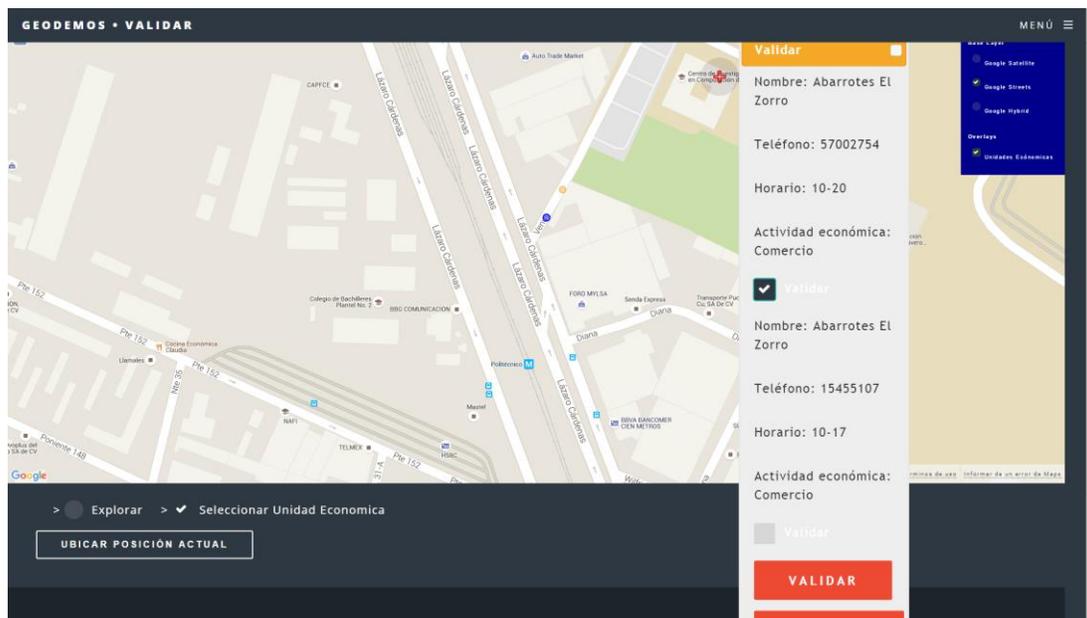


Figura 5.16 Validación de unidades económicas por el Administrador

5.7 Discusión

El hacer un análisis y diseño previo a la implementación de Geodemos permitió visualizar los diferentes escenarios en que los usuarios podrían interactuar, de esta manera se detectaron algunos puntos clave que ayudarían a evitar problemas durante el proceso de implementación.

Por otra parte, el desarrollo e implementación del *Evaluador Difuso Multicriterio* se hizo como un subsistema aparte, lo cual permitió realizar pruebas controladas con diferentes valores para los criterios de entrada. Como mostraron las figuras de resultados del EDM, se obtuvieron valores adecuados a los criterios de entrada que se seleccionaron. Además de esta forma se optimizó el diseño del EDM, lo cual resultó en mejores valores de salida.

Como resultado final se observa la interfaz de Geodemos en las capturas de pantalla mostradas. Se hizo énfasis en tener un sistema transparente y limpio para los usuarios con el fin de que sea amigable.

En el siguiente capítulo se dan las conclusiones finales del proyecto, se exponen las aportaciones y limitaciones que se obtuvieron del mismo y por último se dan unos tópicos sobre lo que puede incluir en un trabajo a futuro.

6. Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones del desarrollo del sistema Web-GIS, así como las aportaciones, limitación y el trabajo futuro que se puede realizar del proyecto

6.1 Conclusiones

Como se observó en los diferentes proyectos mostrados en el estado del arte, la tendencia de VGI está en un gran auge y se busca que cada vez más sean las personas que colaboren en los diferentes proyectos. Se trata de convencer a las personas de que no solo implica crear mapas, sino que el adquirir información geográfica y su análisis trae consigo más beneficios, en todas las áreas que se imaginen. A pesar del problema de la calidad de VGI, cada sistema ha tratado de solventar siguiendo alguno de los enfoques descrito por Goodchild. *Geodemos* es el ejemplo de todo esto que se concentra en el tópico de unidades económicas.

Geodemos se enfocó en desarrollar dos elementos: un sistema Web-GIS en el que cualquier persona pueda actualizar Información Geográfica Voluntaria a través de Internet; y la implementación de un método de evaluación multicriterio para garantizar la calidad de dicha información.

Geodemos ofrece una plataforma con la cual resulte más fácil, sencillo y práctico los procedimientos de captura y edición de unidades económicas, que incluya su posición geográfica y sus atributos.

La mayor aportación de este sistema Web-GIS *Geodemos* es la implementación del *Evaluador Difuso Multicriterio*, y sobre todo, el hecho a que este método está abierto, es decir, no solamente funciona en base a los criterios de evaluación que se establecieron en el proyecto, sino que es un método escalable al cual se pueden agregar más criterios que permitan obtener mejores resultados de calidad de la información de las unidades económicas.

El establecer un enfoque jerárquico en donde se tiene un Administrador (Experto) para validar los registros de las unidades económicas, garantiza más aún que la calidad esta validada por alguien con los conocimientos sólidos.

En comparación con la plataforma ofrecida por el DENUE, *Geodemos* es una plataforma abierta, en donde todos puedan participar, cubriendo así las necesidades de contar con información actualizada, confiable y verídica; todo esto bajo la garantía de contar con el método de evaluación multicriterio, algo que el DENUE tampoco tiene implementado en su sistema.

A pesar de que *Geodemos* se desarrolló y enfocó hacia el tema de unidades económicas, establece las bases de un sistema para la adquisición y evaluación de VGI, que junto con el *Evaluador Difuso Multicriterio*, puede ser aplicable a cualquier área de estudio que se requiera.

6.2 Aportaciones

Entre las aportaciones se destaca:

- Sistema de registro de usuarios para que cualquier persona pueda colaborar.
- Aplicación *Geodemos* Web 2.0 con interfaz de usuario para adquisición y manipulación de Información Geográfica Voluntaria.
- Interfaz de usuario atractiva para la consulta de unidades económicas.
- Implementación de método de evaluación multicriterio basado en lógica difusa para obtener el grado de calidad de las unidades económicas: *Evaluador Difuso Multicriterio*.
- Base de datos con información geoespacial de las unidades económicas capturadas por los usuarios.

6.3 Limitaciones

Dentro de las limitaciones se tiene:

- Los atributos para cada unidad económica ya están definidos, el usuario no puede agregar más campos de los permitidos.
- Los criterios de evaluación ya están definidos y no son dinámicos.
- No se tiene un control sobre donde se posicionan geográficamente los puntos que representan a las unidades económicas.
- Debido a que este sistema se basa en la colaboración, entre más usuarios se tengan colaborando mejores resultados se tendrán.

6.4 Trabajo a futuro

- Mejorar en el diseño de la interfaz de usuario, que permita una funcionalidad más intuitiva.
- Implementación de métodos de validación autoritativos o automatizados combinados con algoritmos de aprendizaje automático para la evaluación multicriterio.
- Realizar una validación geográfica que garantice la posición correcta del punto geográfico que representa a la unidad económica.
- Definir una jerarquía y control más específico sobre los usuarios de acuerdo a la experiencia de uso.
- Integración de redes sociales que permita mayor difusión de la información recabada por el sistema Web-GIS.

Referencias

- Ather, A.** (2009). A Quality Analysis of OpenStreetMap Data. (Unpublished MEng). University College London, London, UK.
- Ball, M.** (2010). "What's the distinction between crowdsourcing, volunteered geographic information, and authoritative data?" v1 Magazine. Consultado 10/02, 2014, de <http://www.vector1media.com/dialog/perspectives/16068-whats-the-distinctionbetween-crowdsourcing-volunteered-geographic-information-and-authoritativedata.html>
- Budhathoki, N. R.** (2010). Participants 'motivations to contribute geographic information in an online community (Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign).
- Carver, S. J.** (1991). Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*,5(3), 321-339.
- Castells, M.** (2001). Internet y la sociedad red. *La factoría*, 14, 15.
- Chrisman, N. R.** (1983). "The role of quality information in the long-term functioning of a geographic information system." *Proc.6th International Symposium on Automated Cartography*, Vol. 1, pp.303-312.
- Coleman, D. J., Sabone, B., and Nkhwanana, N.** (2010). "Volunteering Geographic Information to Authoritative Databases: Linking Contributor Motivations to Program Effectiveness." *Geomatica*, Vol. 64(1), pp.383-396.
- Colson, G., & De Bruyn, C.** (1989). Models and methods in multiple objectives decision making. *Mathematical and Computer Modelling*, 12(10), 1201-1211.
- Coote, A., and Rackham, L.** (2008). Neogeographic data quality—is it an issue. Paper presented at the Annual Conference of the Association for Geographic Information, AGI,
- Devillers, R., and Jeansoulin, R.** (2006). *Fundamentals of spatial data quality* (1st ed.). Wiley Online Library.
- FGDC** (2014). "Geospatial Metadata." Federal Geographic Data Committee. Consultado 03/05, 2014, de <http://www.fgdc.gov/metadata>
- Flanagan, D.** (2002). *JavaScript: the definitive guide*. " O'Reilly Media, Inc."

- Flanagin, A. J., & Metzger, M. J.** (2008). The credibility of volunteered geographic information. *GeoJournal*, 72(3-4), 137-148.
- Fritz, S., McCallum, I., Schill, C., Perger, C., Grillmayer, R., Achard, F., & Obersteiner, M.** (2009). Geo-Wiki. Org: The use of crowdsourcing to improve global land cover. *Remote Sensing*, 1(3), 345-354.
- Fritz, S., McCallum, I., Schill, C., Perger, C., See, L., Schepaschenko, D., & Obersteiner, M.** (2012). Geo-Wiki: An online platform for improving global land cover. *Environmental Modelling & Software*, 31, 110-123.
- GeoServer** (2015). Consultado 14/5, 2015, de <http://geoserver.org/>
- Geo-Wiki** (2015). Consultado 25/5, 2015, de <http://geo-wiki.org/>
- Gómez Delgado, M., & Barredo Cano, J. I.** (2006). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio: en la ordenación del territorio*. Ra-Ma, Madrid.
- Google Map Maker** (2015). Consultado 25 /4, 2015, de <https://support.google.com/mapmaker/>
- Goodchild, M. F., and Hunter, G. J.** (1997). "A simple positional accuracy measure for linear features." *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 11(3), pp.299-306.
- Goodchild, M. F.** (2007a). Citizens as sensors: Web 2.0 and the volunteering of geographic information. *GeoFocus*, 7, 8-10.
- Goodchild, M. F.** (2007b). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221.
- Goodchild, M. F., & Glennon, J. A.** (2010). Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier. *International Journal of Digital Earth*, 3(3), 231-241.
- Goodchild, M. F., & Li, L.** (2012). Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spatial statistics*, 1, 110-120.
- Goodchild, M., Pfoser, D., & Sui, D.** (2013). *GEOCROWD 2012 workshop report: the First Int'l Workshop on Crowdsourced and Volunteered Geographic Information 2012* (Redondo Beach, CA-Nov. 6, 2012). *SIGSPATIAL Special*,5(1), 7-8.
- Hackeloer, A., Klasing, K., Krisp, J. M., & Meng, L.** (2014). Georeferencing: a review of methods and applications. *Annals of GIS*, 20(1), 61-69.

- Haklay, M., & Weber, P.** (2008). Openstreetmap: User-generated street maps. *Pervasive Computing, IEEE*, 7(4), 12-18.
- Haklay, M.** (2010). "How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and ordnance survey datasets." *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 37(4), pp.682-703.
- Haklay, M., Basiouka, S., Antoniou, V., & Ather, A.** (2010). How many volunteers does it take to map an area well? The validity of Linus' law to volunteered geographic information. *The Cartographic Journal*, 47(4), 315-322.
- Hansen, T.** (2012). *The geography of the knowledge economy: innovation, interaction and industrial development.*
- HTML** (2014). Consultado 11/11, 2014, de <http://www.w3.org>
- Hupfer, S., Muller, M., Levy, S., Gruen, D., Sempere, A., Ross, S., & Priedhorsky, R.** (2012, February). MoCoMaps: mobile collaborative map-based applications. In *Proceedings of the ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work Companion* (pp. 43-44). ACM.
- Malczewski, J.** (1999). *GIS and multicriteria decision analysis.* John Wiley & Sons.
- Mondzech, J., and Sester, M.** (2011). "Quality analysis of openstreetmap data based on application needs." *Cartographica*, Vol. 46(2), pp.115-125.
- Muller, M., Hupfer, S., Levy, S., Gruen, D., Priedhorsky, R., & Sempere, A.** (2011, May). MoCoMaps: An experiment in crowdsourcing both data and applications for mobile services. In *CHI workshop of Data Collection by the People, for the People.*
- Nafria, I.** (2007). *Web 2.0: El usuario, el nuevo rey de Internet.* Gestión 2000.
- Neis, P., & Zipf, A.** (2012). Analyzing the contributor activity of a volunteered geographic information project—The case of OpenStreetMap. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 1(2), 146-165.
- OpenStreetMaps** (2014). Consultado 1/11, 2014, de <http://www.openstreetmap.org/about>
- OpenLayers** (2014). Consultado 3/10, 2014, de <http://openlayers.org/>
- Pileggi, S. F., & Amor, R.** (2013). Addressing semantic geographic information systems. *Future Internet*, 5(4), 585-590.
- Rana, S., & Joliveau, T. (2009). NeoGeography: an extension of mainstream geography for everyone made by everyone?.

- PostGIS** (2014). Consultado 13/11, 2014, de <http://postgis.net/>
- Rak, A.** (2013). Legal Issues and Validation of Volunteered Geographic Information (Doctoral dissertation, University of New Brunswick, Department of Geodesy and Geomatics Engineering).
- Ross, T. J.** (2009). Fuzzy logic with engineering applications. John Wiley & Sons.
- Saaty, R. W.** (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3), 161-176.
- Scassa, T. (2012).** "Problems with authority: the role of law a barrier to authoritative VGI." *Geographic Information Science and Technology*. Consultado 02/12, 2014, de <http://www.gsdi.org/gsdiconf/gsdi12/papers/905.pdf>
- Singer, M.** (2008). Web 2.0: Companies Will Spend \$4.6 Billion By 2013, Forrester, *InformationWeek*, Abril 21. Consultado Septiembre 2015. <http://www.informationweek.com/news/internet/web2.0/showArticle.jhtml?articleID=207400790>
- Stott, Randall** (2006) (aka Placekraft / Dilettante Ventures). "Neogeography defined". Un blog Web, publicado en Placekraft el 26 Abril 2006.
- Romero, C.** (1993). Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones. Alianza editorial.
- Ross, T. J.** (2009). Fuzzy logic with engineering applications. John Wiley & Sons. Turner, Andrew (2006). Introduction to Neogeography (O'Reilly Short Cuts series). O'Reilly Media.
- Tomlinson, R. F.** (2007). Thinking about GIS: geographic information system planning for managers. ESRI, Inc..
- Voogd, H.** (1983). Multicriteria evaluation for urban and regional planning. Taylor & Francis.
- Wang, R. Y.** (1996). "Beyond accuracy: What data quality means to data consumers." *Journal of Management Information Systems*, Vol. 12(4), pp.5-34.
- Waze** (2015a). Consultado 3/8, 2015, de <https://www.waze.com/es/editor/>
- Waze** (2015b). Consultado 3/8, 2015, de https://wiki.waze.com/wiki/Area_Manager/
- Wikimapia** (2015). Consultado 25/8, 2015, de <http://wikimapia.org/about/>

Wilson, M. W., & Graham, M. (2013). Neogeography and volunteered geographic information: A conversation with Michael Goodchild and Andrew Turner. *Environment and Planning A*, 45(1), 10-18.

Worldometers (2015). Consultado 30/7, 2015, de <http://www.worldometers.info/es/>

Zulfiqar, N. (2008). A Study of the Quality of OpenStreetMap.org maps: A comparison of OSM data and Ordnance Survey Data. (Unpublished MEng). University College London, London, UK.

Anexo 1: Casos de uso

En este anexo se describen los casos de uso obtenidos de acuerdo a la descripción de escenarios en el análisis.

Tabla A1.1 Caso de uso CrearCuenta

Nombre del caso de uso	CrearCuenta
Actores participantes	UsuarioInternet
Condición inicial	1. La persona que se va a registrar necesita contar con un correo electrónico
Flujo de eventos	2. El usuario inicia el registro desde la aplicación web al oprimir SeleccionarCrearCuenta 3. Llena el formulario FormularioCrearCuenta con los datos correspondientes a su nombre, nombre de usuario y correo electrónico. 4. El usuario confirma el registro al enviar.
Condición de salida	5. El usuario recibe un mensaje de confirmación de registro mediante NotificacionCuentaCreada.
Requerimientos especiales	La confirmación de registro debe estar lista tan pronto el usuario haya quedado registrado en el sistema. No puede haber dos usuarios con el mismo nombre de usuario y correo electrónico.

Tabla A1.2 Caso de uso IniciarSesion

Nombre del caso de uso	IniciarSesion
Actores participantes	Usuario, Administrador
Condición inicial	1. Se debe tener una cuenta.

Flujo de eventos	<ol style="list-style-type: none"> 2. Se oprime SeleccionarIniciarSesion. 3. El usuario introduce en FormularioCrearCuenta su nombre de usuario y su contraseña. 4. El usuario accede a su cuenta y a la interfaz de la aplicación.
Condición de salida	<ol style="list-style-type: none"> 5. Se emite mensaje de sesión iniciada.
Requerimientos especiales	<p>Se debe poder iniciar sesión una vez comprobada la autenticación del usuario.</p>

Tabla A1.3 Caso de uso AdministrarUsuarios

Nombre del caso de uso	AdministrarUsuarios
Actores participantes	Administrador
Condición inicial	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Administrador debe haber iniciado su sesión.
Flujo de eventos	<ol style="list-style-type: none"> 2. El administrador accede al registro de usuario desde la interfaz de la aplicación web al presionar SeleccionarAdministrarUsuarios. 3. El administrador puede dar de baja un usuario mediante ControlBorrarCuentaUsuario. 4. El administrador puede asignar rango de Administrador a otro usuario mediante ControlSubirGrado.
Condición de salida	<ol style="list-style-type: none"> 5. El registro de usuarios se debe actualizar de acuerdo a los cambios efectuados una vez confirmados.
Requerimientos especiales	<p>La actualización debe verse reflejada tras confirmar los cambios.</p>

Tabla A1.4 Caso de uso EditarVGI

Nombre del caso de uso	EditarVGI
Actores participantes	Usuario, Administrador
Condición inicial	1. Se debe tener iniciada una sesión y se verifica el tipo de usuario con ControlVerificarUsuario
Flujo de eventos	<p>2. El Usuario o Administrador se necesitan dirigir al área de edición InterfazEditarVGI presionando SeleccionarEditarVGI</p> <p>3. Como primera opción, pueden dar de alta nuevas unidades económicas y agregar la información de los atributos correspondientes mediante ControlAltaVGI.</p> <p>4. Como segunda opción pueden modificar la información correspondiente a las unidades económicas que fueron agregadas por sí mismos mediante ControlModificarVGI.</p> <p>5. Como tercera opción pueden eliminar las unidades económicas que ellos mismos registraron mediante ControlEliminarVGI.</p> <p>Flujo alternativo</p> <p>4.1. En caso de que la sesión pertenezca a un Administrador puede ver y modificar las unidades económicas que han sido dadas de altas por otros usuarios.</p> <p>5.1. En caso de que la sesión pertenezca a un Administrador puede ver y eliminar las unidades económicas que han sido dadas de altas por otros usuarios.</p>
Condición de salida	La información que haya sido modificada debe actualizarse.
Requerimientos especiales	La actualización debe verse reflejada tras confirmar los cambios. Se debe ofrecer una interfaz intuitiva y que sea de fácil uso para los usuarios.

Tabla A1.5 Caso de uso VerBitacora

Nombre del caso de uso	VerBitacora
Actores participantes	Usuario, Administrador
Condición inicial	1. Se debe tener iniciada una sesión y se verifica el tipo de usuario con ControlVerificarUsuario.
Flujo de eventos	2. El Usuario o Administrador necesitan oprimir SeleccionarVerBitacora para acceder a InterfazVerBitacora 3. En la bitácora se tiene el registro de todas las ediciones que han hecho sobre las unidades económicas, indicando el tipo de edición, fecha, hora y la respectiva unidad económica. Estos datos se obtienen mediante ControlVerBitacora.
Condición de salida	Se actualiza el registro correspondiente
Requerimientos especiales	La bitácora debe mostrarse en forma de tabla y ordenada de acuerdo a la fecha de edición.

Tabla A1.6 Caso de uso EvaluarVGI

Nombre del caso de uso	EvaluarVGI
Actores participantes	Usuario, Administrador
Condición inicial	1. Se debe tener iniciada una sesión.
Flujo de eventos	2. El Usuario o Administrador se necesitan dirigir al área de visualización de todas las demás unidades económicas InterfazEvaluarVGI al presionar SeleccionarEvaluarVGI. 3. En dicha área se presentan en un mapa todas las unidades económicas que los usuarios en general han registrado, además de los correspondientes atributos a cada una. 4. Los usuarios en general, puede efectuar dos evaluaciones sobre una unidad económica. 5. La primer evaluación es asignar un rango de calidad que consiste de 1 a 5, siendo 1 el menor grado de calidad hasta 5

	<p>el mayor grado de calidad. Esto en base a la consideración del Usuario de acuerdo a como se llevó a cabo el registro de dicha unidad y sus atributos. La segunda evaluación es asignar un rango de calidad que consiste de 1 a 3, siendo 1 el menor grado de calidad hasta 3 el mayor grado de calidad. La segunda evaluación implica la calidad de la posición geográfica. Esto se controla por el sistema mediante ControlEvaluarCalidadVGI.</p>
Condición de salida	<p>Se deben actualizar las calificaciones correspondientes a las unidades económicas.</p>
Requerimientos especiales	<p>La actualización de las unidades debe verse reflejado al momento de indicar la calificación. Y en el caso de los votos debe aumentar el contador de igual forma a la brevedad.</p>

Tabla A1.7 Caso de uso SubirNivel

Nombre del caso de uso	SubirNivel
Actores participantes	Usuario
Condición inicial	1. Se debe contar con un registro de Usuario.
Flujo de eventos	2. De acuerdo al número de unidades económicas registradas por el usuario se le asigna una reputación. Este proceso se verifica mediante ControlSubirNivel.
Condición de salida	El sistema indica al Usuario que se ha subido de reputación Usuario con grado Avanzado mandando NotificacionNivel.

Tabla A1.8 Caso de uso ModificarPerfil

Nombre del caso de uso	ModificarPerfil
Actores participantes	Usuario, Administrador
Condición inicial	1. Se debe tener iniciada una sesión.
Flujo de eventos	2. El Usuario o Administrador deben dirigirse al área de editar perfil dentro de la interfaz. 3. En dicha área se encuentra un formulario con los campos nombre, nombre de usuario, correo electrónico y contraseña. 4. El usuario puede modificar los datos.
Condición de salida	Se debe mostrar el formulario con los campos actualizados.
Requerimientos especiales	La actualización debe llevarse a cabo una vez confirmada por el usuario.

Anexo 2: Identificación inicial de objetos de análisis

La Tabla A2.1 muestra una identificación inicial de objetos que podrían ser utilizados por los casos de uso que se describieron.

Tabla A2.1 Identificación inicial de objetos

Objeto	Descripción
<i>UsuarioInternet</i>	Es la persona que accede a la aplicación web, pero no tiene una cuenta y por lo tanto no puede acceder a las funcionalidades de la misma. Es candidata a crear una cuenta y convertirse en Usuario.
<i>Usuario</i>	Es la persona que creó una cuenta para poder hacer uso de todas las funciones del sistema como lo son editar VGI, evaluar VGI, revisar su bitácora, modificar su perfil.
<i>Administrador</i>	Cuenta con los mismos privilegios que un Usuario, pero además puede administrar las cuentas de otros usuarios y asignar el rol de administrador.
<i>UnidadEconomica</i>	Es la entidad que un Usuario/Administrador puede registrar en la aplicación. Incluye el registro de ciertos atributos correspondientes a dicha unidad y además la asignación de dos calificaciones.
<i>Bitácora</i>	La bitácora representa lo que cada Usuario ha hecho y modificado con las unidades económicas, donde se registra el

	<p>tipo de edición y la fecha y hora en que se hizo. En el caso del Administrador además puede ver la administración de las cuentas de los demás usuarios.</p>
<p><i>CuentaUsuario</i></p>	<p>La cuenta de usuario contiene los elementos como nombre, nombre de usuario, correo y contraseña de los objetos Usuario o Administrador que llevaron a cabo su registro. A cada cuenta se liga una bitácora, ya que es única para cada usuario.</p>

Anexo 3: Identificación de objetos frontera y objetos control

En la Tabla A3.1 se muestran los objetos frontera identificados.

Tabla A3.1 Objetos frontera

Objeto	Descripción
<i>AplicacionWeb</i>	Es la aplicación en donde se tiene la interfaz necesaria para que los actores hagan uso de las funcionalidades que requiere el proyecto.
<i>SeleccionarCrearCuenta</i>	Es el botón utilizado por UsuarioInternet para acceder al caso de uso CrearCuenta.
<i>FormularioCrearCuenta</i>	Es el formulario de CrearCuenta en donde UsuarioInternet coloca los datos necesarios para poder crear su cuenta y convertirse en Usuario del sistema. Contiene un botón para enviar el formulario.
<i>NotificacionCuentaCreada</i>	Es una notificación que indica a UsuarioInternet que su cuenta fue creada satisfactoriamente.
<i>SeleccionarIniciarSesion</i>	Es el botón utilizado por Usuario o Administrador para acceder al caso de uso IniciarSesion.
<i>FormularioIniciarSesion</i>	Es el formulario de IniciarSesion donde Usuario o Administrador (UsuarioInternet que ya tiene una cuenta creada) colocan su <i>nickname</i> y su contraseña para poder dar

	<p>inicio a su sesión. Contiene un botón para enviar el formulario.</p>
<i>SeleccionarAdministrarUsuarios</i>	<p>Es el botón utilizado por Administrador para acceder al caso de uso AdministrarUsuarios.</p>
<i>InterfazAdministrarUsuarios</i>	<p>Es la interfaz de <i>AdministrarUsuarios</i> donde se visualizan todos los usuarios del sistema y el Administrador tiene la opción de dar de baja cuentas o asignar rango de Administrador a un Usuario.</p>
<i>SeleccionarEditarVGI</i>	<p>Es el botón utilizado por <i>Usuario</i> o <i>Administrador</i> para acceder al caso de uso <i>EditarVGI</i>.</p>
<i>InterfazEditarVGI</i>	<p>Es la interfaz de <i>EditarVGI</i> donde se visualizan un mapa y el Usuario o Administrador, pueden llevar a cabo la edición de UnidadEconomicas que incluye dar de alta, modificar o eliminar (de acuerdo a como se estableció en el caso de uso). Para cada UnidadEconomicas aparece una tabla con sus respectivos atributos para que también puedan ser editados. Se tiene un botón para confirmar la edición.</p>
<i>FormularioCapturaVGI</i>	<p>Es un formulario de <i>EditarVGI</i> donde Usuario o Administrador colocan los atributos de una UnidadEconomicas para poder dar de alta el registro de la misma.</p>
<i>FormularioModificarVGI</i>	<p>Es un formulario de <i>EditarVGI</i> donde Usuario o Administrador modifican los atributos de una UnidadEconomicas para poder dar de actualizar el registro de la misma.</p>

<i>SeleccionarVerBitacora</i>	Es el botón utilizado por <i>Usuario</i> o <i>Administrador</i> para acceder al caso de uso VerBitacora.
<i>InterfazVerBitacora</i>	Es la interfaz de VerBitacora donde se visualizan todos los registros de edición que se han efectuado sobre varios objetos de <i>UnidadEconimica</i> . Para el caso del <i>Administrador</i> este además puede ver la edición que ha hecho sobre los <i>Usuarios</i> como son bajas de cuentas y asignación rango <i>Administrador</i> .
<i>SeleccionarEvaluarVGI</i>	Es el botón utilizado por <i>Usuario</i> o <i>Administrador</i> para acceder al caso de uso EvaluarVGI.
<i>InterfazEvaluarVGI</i>	Es la interfaz de <i>EvaluarVGI</i> donde se visualizan todos los objetos de <i>UnidadEconomica</i> sobre un mapa. Para cada <i>UnidadEconomica</i> se debe poder asignar las calificaciones descritas en el caso de uso EvaluarVGI.
<i>NoticacionNivel</i>	Es una notificación de <i>SubirNivel</i> la cual indica al usuario que ya alcanzó dicho rango.
<i>SeleccionarModificarPerfil</i>	Es el botón utilizado por <i>Usuario</i> o <i>Administrador</i> para acceder al caso de uso ModificarPerfil.
<i>FormularioModificarPerfil</i>	Es la interfaz de <i>ModificarPerfil</i> donde se visualizan la información personal de cada usuario. Tiene la posibilidad de modificar los campos del formulario. Se cuenta con un botón para enviar el formulario.

5.1.2.3 Identificación de objetos control

En la Tabla A3.2 se muestran los objetos de control identificados.

Tabla A3.2 Objetos Control

Objeto	Descripción
<i>ControlCrearCuenta</i>	<p>Maneja la función de <i>CrearCuenta</i>. Este objeto se inicia cuando <i>UsuarioInternet</i> presiona el botón correspondiente al objeto <i>SeleccionarCrearCuenta</i>. Crea un <i>FormularioCrearCuenta</i>. Una vez enviado el formulario se crea un objeto <i>CuentaUsuario</i>. Se espera una confirmación por parte de <i>CrearCuenta</i> para notificarle a <i>UsuarioInternet</i> que su cuenta ha sido creada satisfactoriamente mediante <i>NotificacionCuentaCreada</i>.</p>
<i>ControlVerificarUsuario</i>	<p>Se encarga de poder verificar en los diferentes casos de uso el tipo de usuario que inició sesión (<i>Usuario</i> o <i>Administrador</i>).</p>
<i>ControlIniciarSesion</i>	<p>Maneja la función <i>IniciarSesion</i>. Este objeto se inicia cuando <i>Usuario</i> o <i>Administrador</i> presionan el botón correspondiente al objeto <i>SeleccionarIniciarSesion</i>. Crea un <i>FormularioIniciarSesion</i>. Una vez enviado el formulario, se corrobora que los datos sean los correctos para el inicio de la sesión.</p>
<i>ControlBorrarCuentaUsuario</i>	<p>Es parte de la función <i>AdministrarUsuarios</i>. Este objeto se inicia cuando dentro de <i>InterfazAdministrarUsuarios</i>, <i>Administrador</i> decide dar de baja la cuenta de un <i>Usuario</i>. Para el ello se borra el objeto <i>CuentaUsuario</i> ligado a un objeto <i>Usuario</i>.</p>

<p><i>ControlSubirGrado</i></p>	<p>Es parte de la función <i>AdministrarUsuarios</i>. Este objeto se inicia cuando dentro de <i>InterfazAdministrarUsuarios Administrador</i> convierte un <i>Usuario</i> a grado <i>Administrador</i>.</p>
<p><i>ControlAltaVGI</i></p>	<p>Es parte de la función <i>EditarVGI</i>. Este objeto se inicia cuando <i>Usuario</i> o <i>Administrador</i> presionan el botón correspondiente al objeto <i>SeleccionarEditarVGI</i> y selecciona registrar un nuevo objeto <i>UnidadEconomica</i>. Se tiene un botón para confirmar el registro de la nueva <i>UnidadEconomica</i>. Dicho movimiento se debe ver reflejado en la Bitácora.</p>
<p><i>ControlModificarVGI</i></p>	<p>Es parte de la función <i>EditarVGI</i>. Este objeto se inicia cuando un <i>Usuario</i> o <i>Administrador</i> presionan el botón correspondiente al objeto <i>SeleccionarEditarVGI</i> y selecciona modificar un objeto <i>UnidadEconomica</i>. Se tiene un botón para confirmar la modificación de la <i>UnidadEconomica</i>.</p>
<p><i>ControlEliminarVGI</i></p>	<p>Es parte de la función <i>EditarVGI</i>. Este objeto se inicia cuando <i>Usuario</i> o <i>Administrador</i> presionan el botón correspondiente al objeto <i>SeleccionarEditarVGI</i> y selecciona eliminar un objeto <i>UnidadEconomica</i>. Se tiene un botón para confirmar la eliminación de la <i>UnidadEconomica</i>. Dicho movimiento se debe ver reflejado en la Bitácora. Recordar que un <i>Usuario</i> solo puede eliminar sus objetos de tipo <i>UnidadesEconomica</i> propios; y un <i>Administrador</i> puede eliminar los propios y los de otros usuarios para esto también se verifica qué tipo de usuario es.</p>
<p><i>ControlVerBitacora</i></p>	<p>Es parte de la función <i>VerBitacora</i>. Este objeto se inicia cuando dentro de <i>InterfazVerBitacora</i>. Se deben obtener</p>

	<p>todas las ediciones que el Usuario o Administrador hayan realizado sobre los objetos <i>UnidadEconomica</i>. Recordar que para el caso del Administrador además puede ver las ediciones hechas en el caso de uso <i>AdministrarUsuarios</i>, para esto también se verifica qué tipo de usuario es.</p>
<i>ControlEvaluarCalidadVGI</i>	<p>Es parte de la función <i>EvaluarVGI</i>. Este objeto se inicia cuando <i>Usuario</i> o <i>Administrador</i> presionan el botón correspondiente al objeto <i>SeleccionarEvaluarVGI</i> y selecciona evaluar calidad dentro del rango de 1 a 5.</p>
<i>ControlSubirNivel</i>	<p>Es parte de la función <i>SubirNivel</i>. Este objeto se inicia cuando Usuario cumple con el requisito establecido de las cantidades de unidades capturadas.</p>
<i>CotrolModificarPerfil</i>	<p>Es parte de la función <i>ModificarPerfil</i>. Este objeto se inicia cuando Usuario o Administrador presionan el botón correspondiente al objeto <i>SeleccionarModificarPerfil</i>. Se llama al objeto <i>FormularioModificarPerfil</i> correspondiente a dicho Usuario o Administrador. Se procede a cambiar los datos necesarios del formulario si se desea. Se tiene un botón para enviar el formulario y confirmar la actualización de los datos.</p>

Anexo 4: Diagramas de secuencia

Una vez identificados los tres tipos de objetos se procede a crear los diagramas de secuencia para cada caso de uso identificado.

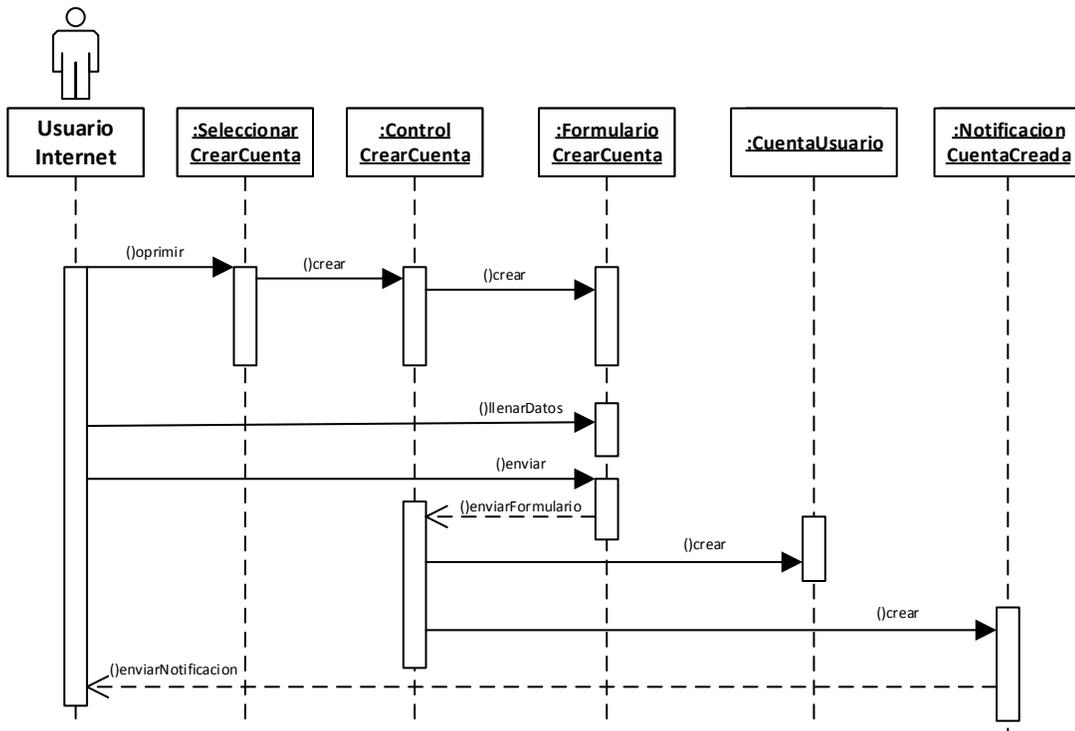


Figura A4.1 Diagrama de secuencia para el caso de uso CrearCuenta

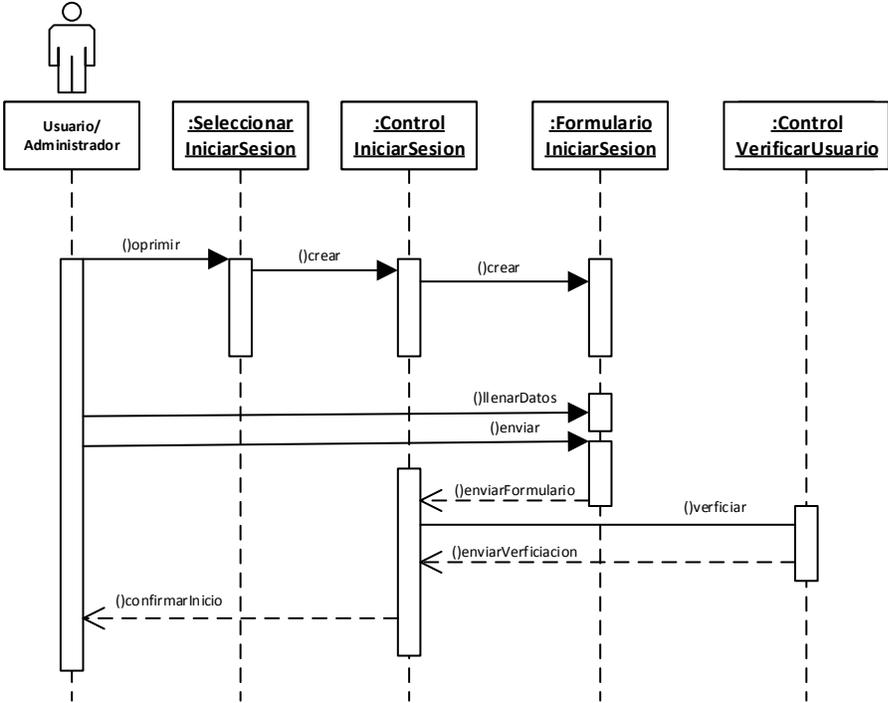


Figura A4.2 Diagrama de secuencia para el caso de uso IniciarSesion

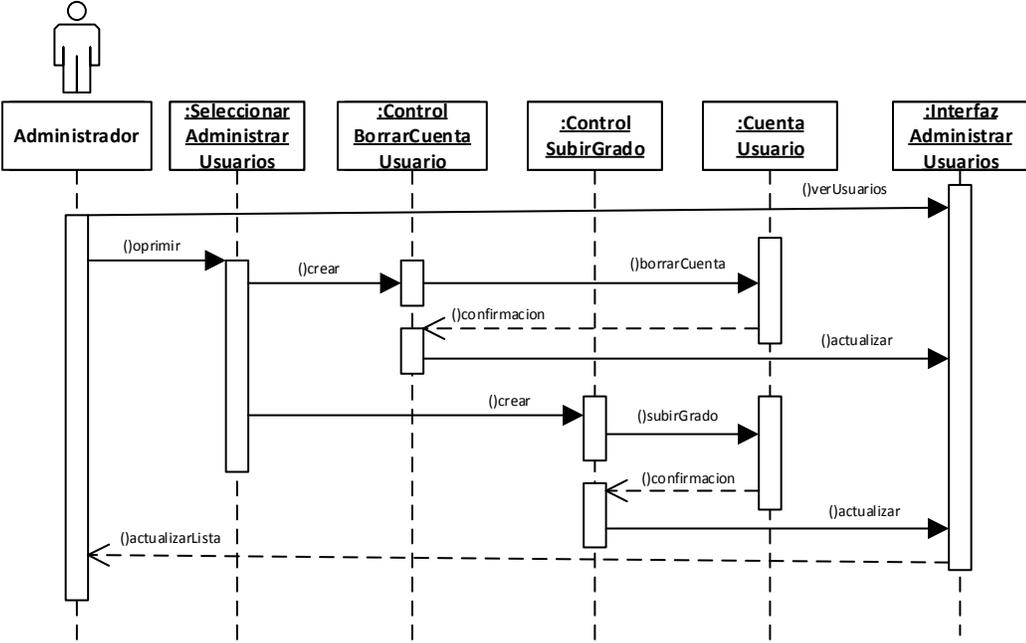


Figura A4.3 Diagrama de secuencia para el caso de uso AdministrarUsuarios.

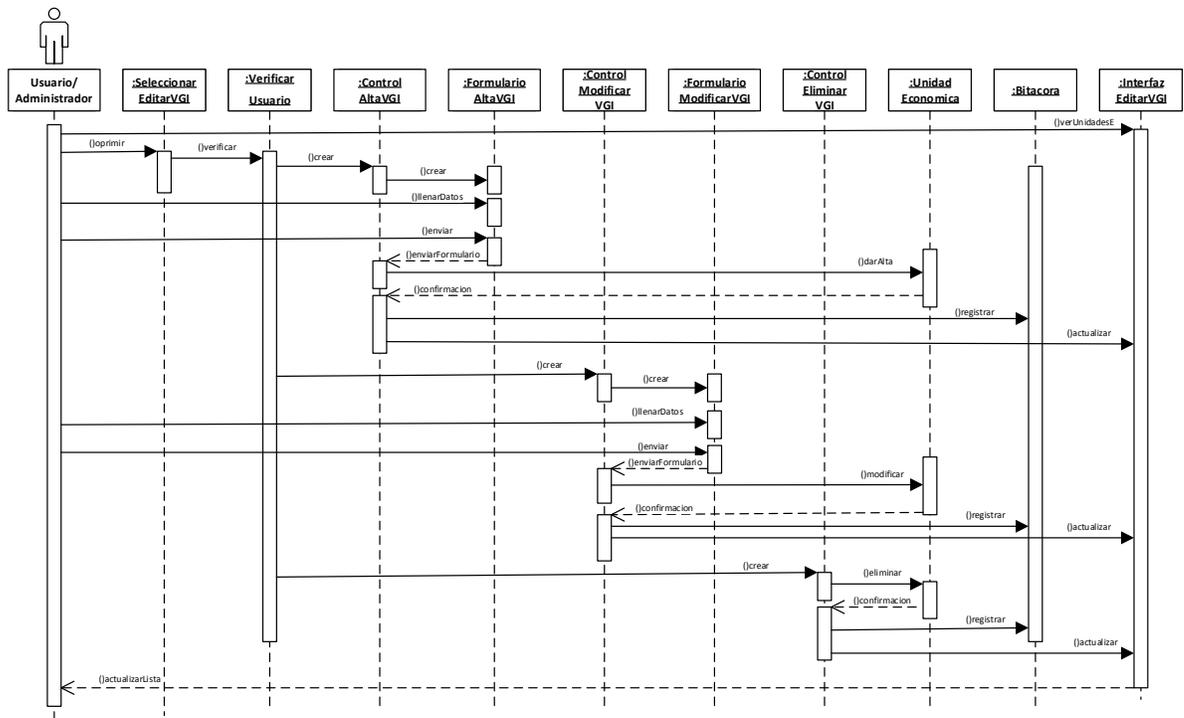


Figura A4.4 Diagrama de secuencia para el caso de uso EditarVGI.

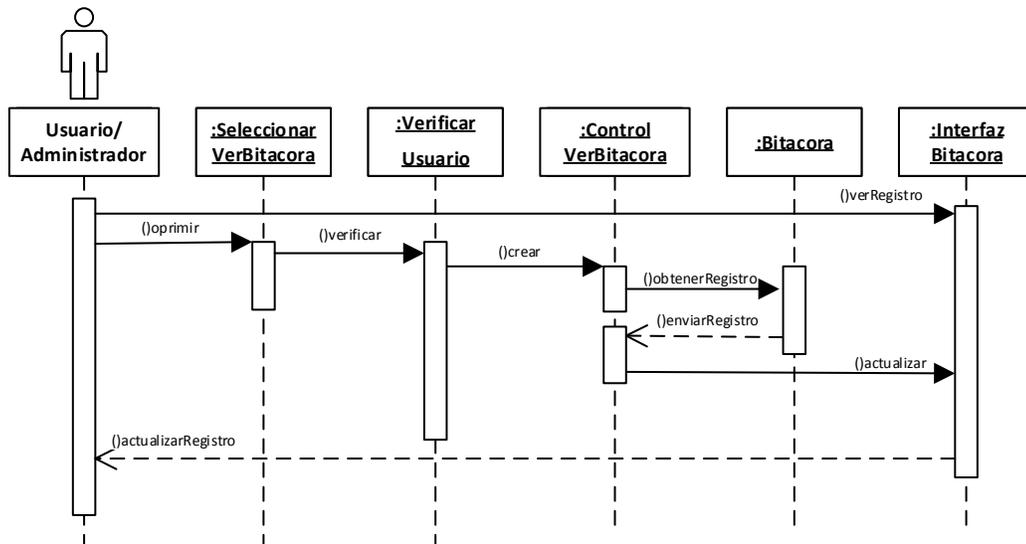


Figura A4.5 Diagrama de secuencia para el caso de uso VerBitacora.

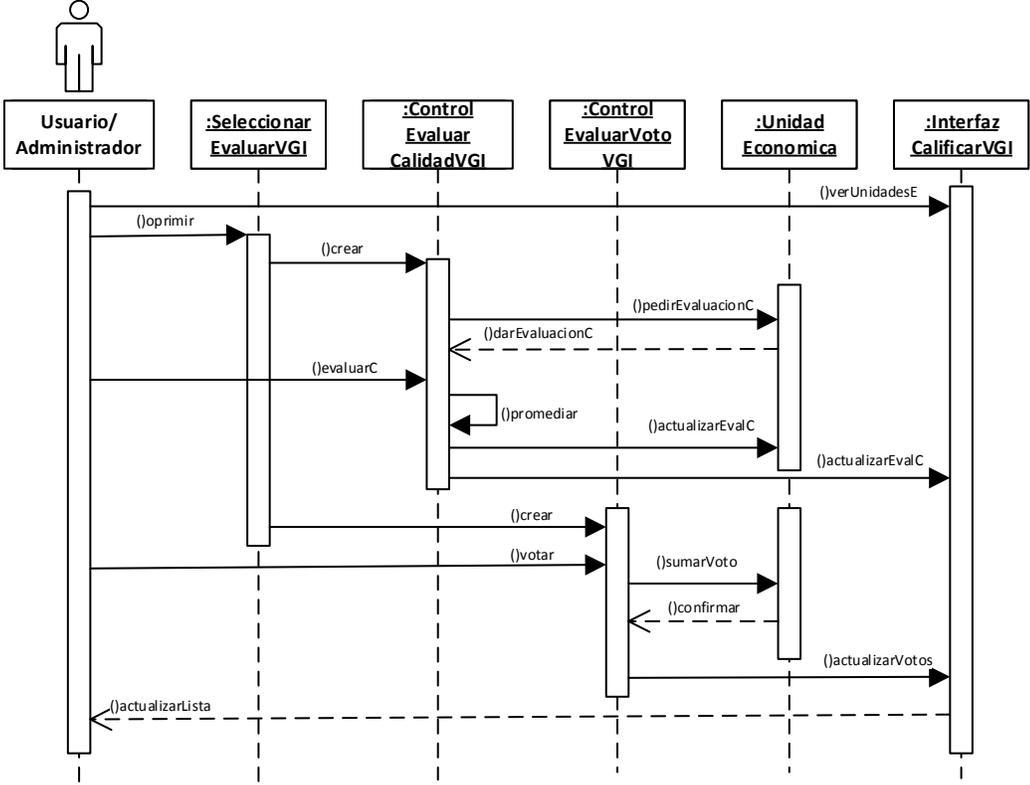


Figura A4.6 Diagrama de secuencia para el caso de uso EvaluarVGI.

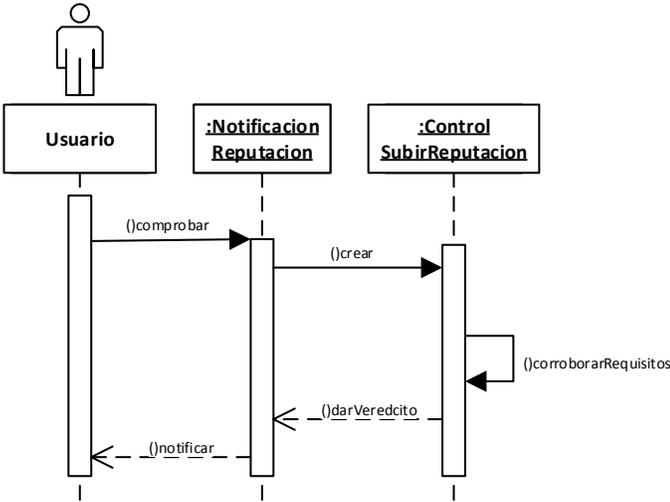


Figura A4.7 Diagrama de secuencia para el caso de uso SubirNivel.

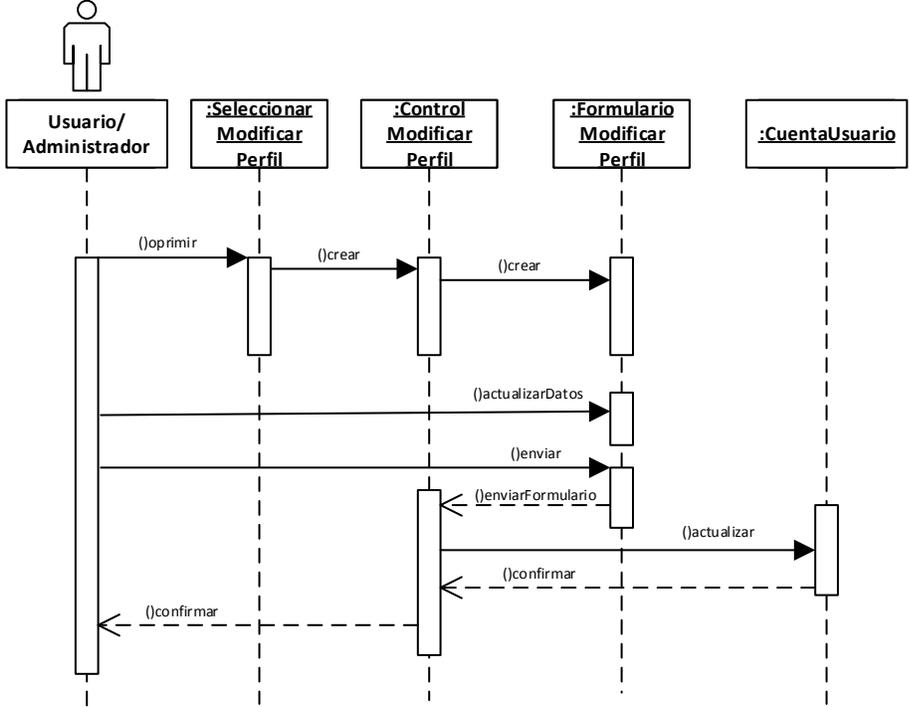


Figura A4.8 Diagrama de secuencia para el caso de uso Administrador