

IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS TECNOLÓGICAS (GIS)  
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM, EXPRESADA EN “SERVICIOS” COMO  
PATRÓN DE DISEÑO, PARA EL INVENTARIO Y CARACTERIZACIÓN DE  
FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL  
ÁREA METROPOLITANA CENTRO OCCIDENTE DE RISARALDA, MUNICIPIOS  
DE PEREIRA Y DOSQUEBRADAS.

RAÚL ALBERTO GAVIRIA VALENCIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
MAESTRÍA EN SOFTWARE LIBRE  
PEREIRA  
2015

IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS TECNOLÓGICAS (GIS)  
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM, EXPRESADA EN “SERVICIOS” COMO  
PATRÓN DE DISEÑO, PARA EL INVENTARIO Y CARACTERIZACIÓN DE  
FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL  
ÁREA METROPOLITANA CENTRO OCCIDENTE DE RISARALDA, MUNICIPIOS  
DE PEREIRA Y DOSQUEBRADAS

RAÚL ALBERTO GAVIRIA VALENCIA

Tesis de Grado para optar al  
Título de Magíster en Software Libre

Director: Msc. Alejandro Álzate Buitrago

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
MAESTRÍA EN SOFTWARE LIBRE  
PEREIRA  
2015

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bucaramanga, Enero de 2015.

## CONTENIDO

|   | pág. |
|---|------|
| GLOSARIO  | 17   |
| RESUMEN   | 23   |
| INTRODUCCIÓN  | 25   |
| 1. ANTECEDENTES   | 27   |
| 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA  | 29   |
| 2.1 TÍTULO  | 29   |
| 2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA  | 29   |
| 2.2.1 Problemas relacionados con el dominio                                     | 30   |
| 2.2.2 Problemas relacionados con los SIG  | 33   |
| 2.2.3 El problema de investigación  | 34   |
| 2.3 FORMULACION DEL PROBLEMA  | 35   |
| 2.4 HIPOTESIS   | 36   |
| 3. OBJETIVOS  | 37   |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL  | 37   |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS   | 37   |
| 4 RESULTADOS ESPERADOS  | 38   |
| 5 ESTADO DEL ARTE   | 40   |
| 6. MARCO REFERENCIAL  | 60   |
| 6.1 MARCO TEORICO   | 60   |
| 6.1.1 Los SIG en la sociedad y en la solución de problemáticas sociales         | 60   |
| 6.1.3 Sistemas de información geográficos y el software de código Abierto/Libre | 63   |
| 6.1.4 Los servicios web geográficos o Geoservicios                              | 64   |
| 6.1.5 Servicios y estándares como patrón de diseño                              | 65   |
| 6.1.6 Infraestructura de datos espaciales (IDE).                                | 67   |
| 6.1.7 Servicios basados en localización – <i>Location Based Service</i> (LBS)   | 68   |
| 6.1.8 Bases de datos geográficas y el modelo georelacional.                     | 69   |
| 6.1.9 Representación espacial de la información.                                | 70   |
| 6.1.10 Patrón de diseño Model-View-Controller (MVC)                             | 72   |
| 6.1.11 La ingeniería de software en el proceso de desarrollo de un SIG          | 72   |
| 6.1.11.1 Desarrollo de Software - Codificación                                  | 74   |
| 6.2 MARCO CONCEPTUAL  | 75   |
| 6.2.1 Sistemas de información geográficos.                                      | 75   |
| 6.2.2 La OGC y los estándares abiertos.   | 77   |
| 6.2.3 Los servicios web geográficos o Geoservicios                              | 78   |
| 6.2.4 Infraestructura de datos espaciales (IDE).                                | 81   |
| 6.2.5 Servicios basados en localización – <i>Location Based Service</i> (LBS)   | 82   |
| 6.2.6 Tecnologías de posicionamiento.   | 83   |
| 6.2.7 Bases de datos geográficas y el modelo georelacional                      | 85   |
| 6.2.8 Representación espacial de la información.                                | 86   |
| 6.2.9 Arquitectura cliente/servidor.  | 87   |
| 6.2.10 Modelo Cliente /Servidor de 3 capas.                                     | 88   |
| 6.2.11 Proceso de software  | 89   |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 7.       | MARCO METODOLÓGICO  | 91  |
| 7.1      | TIPO DE INVESTIGACION                                       | 91  |
| 7.2      | FASES DE LA INVESTIGACION                                   | 93  |
| 7.3      | DISEÑO METODOLÓGICO   | 97  |
| 8.       | PRESUPUESTO Y RECURSOS                                      | 101 |
| 9.       | CRONOGRAMA  | 102 |
| 10.      | PLAN DE DESARROLLO  | 103 |
| 10.1.    | INTRODUCCIÓN  | 103 |
| 10.1.1   | Propósito   | 104 |
| 10.1.2   | Entregables del proyecto                                    | 104 |
| 10.2     | ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO                                   | 107 |
| 10.3     | GLOSARIO.   | 111 |
| 10.4     | GESTIÓN DEL RIESGO.   | 112 |
| 10.5     | RECOLECCION DE DATOS.                                       | 114 |
| 10.5.1   | Componente gráfico IGAC.                                    | 114 |
| 10.5.2   | Componente gráfico otras fuentes                            | 118 |
| 10.5.3   | Formatos existentes   | 121 |
| 10.5.4   | Captura de datos en campo con dispositivos móviles          | 125 |
| 10.5.4.1 | Sobre el manejo del equipo                                  | 126 |
| 10.5.4.2 | Sobre la captura de datos                                   | 126 |
| 10.5.4.3 | Parámetros clave para la captura de datos                   | 127 |
| 10.6     | MODELADO DEL NEGOCIO  | 127 |
| 10.6.1   | Operación del sistema                                       | 127 |
| 10.6.2   | Funcionalidad del sistema                                   | 128 |
| 10.7     | VISION  | 130 |
| 10.7.1   | Participantes.  | 131 |
| 10.7.2   | Actores.  | 131 |
| 10.7.3   | Listado de requisitos (RF – RNF)                            | 132 |
| 10.8     | ESPECIFICACION DE REQUISITOS                                | 135 |
| 10.9     | CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA SIG.         | 136 |
| 10.9.1.1 | Cumplimiento de los estándares.                             | 136 |
| 10.9.1.2 | Adaptabilidad al problema                                   | 139 |
| 10.9.1.3 | OpenGeo Suite como Infraestructura tecnológica seleccionada | 145 |
| 10.10    | PROTOTIPOS DE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO                   | 149 |
| 10.10.1  | Interfaz Validar Usuario                                    | 149 |
| 10.10.2  | Interfaz Principal  | 150 |
| 10.10.3  | Interfaz captura de datos                                   | 151 |
| 10.10.4  | Interfaz Visor de Mapas                                     | 152 |
| 10.11    | DOCUMENTO DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA                    | 154 |
| 10.11.1  | Propósito.  | 154 |
| 10.11.2  | Referencias   | 155 |
| 10.11.3  | Diagramas de secuencia                                      | 155 |
| 10.11.4  | Diagrama de clases  | 168 |
| 10.11.5  | Diagrama de componentes fundamentales                       | 170 |
| 10.11.6  | Diagrama arquitectónico o de alto Nivel                     | 172 |
| 10.11.7  | Diagrama o Vista de Despliegue                              | 174 |
| 10.11.8  | Documento de diseño de BD                                   | 175 |
| 10.12.1  | Hardware  | 180 |
| 10.12.2  | Componentes del software servidor de mapas                  | 181 |
| 10.12.3  | Componentes Cliente/librerías                               | 182 |
| 10.12.4  | Extensiones o componentes adicionales de GeoServer          | 183 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| 10.12.5    | Componentes del servidor de aplicaciones                          | 183 |
| 10.12.6    | Herramientas de desarrollo  | 184 |
| 10.13      | CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES Y SOFTWARE                            | 184 |
| 10.13.1    | Obtención e instalación del paquete de fuentes AppWeb GIS LBS     | 185 |
| 10.13.2    | Contenido del paquete de fuentes AppWeb GIS LBS                   | 187 |
| 10.13.3    | Obtención e instalación del paquete de fuentes AppMovil LBS       | 189 |
| 10.13.4    | Acceso a la base de datos   | 189 |
| 10.13.5    | Interfaces gráficas definitivas AppWeb GIS                        | 190 |
| 10.13.5.1  | Interfaz Validar Usuario  | 190 |
| 10.13.5.2  | Interfaz Principal  | 191 |
| 10.13.5.3  | Interfaz captura de datos   | 191 |
| 10.13.5.4  | Modificación y eliminación múltiple                               | 192 |
| 10.13.5.5  | Panel de búsquedas  | 193 |
| 10.13.5.6  | Exportar vista actual   | 194 |
| 10.13.5.7  | Visualización de imágenes y geodatos                              | 195 |
| 10.13.5.8  | Acciones Maestro/Detalle  | 197 |
| 10.13.5.9  | Visualización del menú principal.                                 | 197 |
| 10.13.5.10 | Visualización desde dispositivos móviles.                         | 198 |
| 10.13.6    | Interfaces gráficas definitivas App Móvil LBS                     | 200 |
| 10.13.6.1  | Interfaz App Movil LBS  | 200 |
| 10.14      | INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE INFRAESTRUCTURA “IDE”              | 201 |
| 10.14.1    | Instalación CentOS 6.4 Minimal                                    | 201 |
| 10.14.2    | Configurar interface de red                                       | 202 |
| 10.14.3    | Instalar programas de utilidad y activar repositorios             | 204 |
| 10.14.4    | Instalación de apache   | 206 |
| 10.14.5    | Instalación de MySQL, PHP y PHPMyAdmin                            | 207 |
| 10.14.6    | Muro de seguridad   | 208 |
| 10.14.7    | Instalación de OpenGeoSuite                                       | 210 |
| 10.14.8    | Configuración de PostgreSQL.                                      | 215 |
| 10.15      | PLAN DE PRUEBAS DE INTEGRACION DEL SISTEMA                        | 221 |
| 10.15.1    | Migración de archivos SHAPEFILE a PostgreSQL                      | 221 |
| 10.15.1.1  | Instalacion de cliente GIS  | 221 |
| 10.15.1.2  | Creacion de DB Postgres/Postgis                                   | 222 |
| 10.15.1.3  | Conversion de Shp a Postgres/Postgis                              | 224 |
| 10.15.2    | Adaptar la infraestructura tecnológica expresada en servicios.    | 233 |
| 10.15.2.1  | Espacios de trabajo   | 234 |
| 10.15.2.2  | Almacenes de datos Shape.   | 236 |
| 10.15.2.3  | Publicación de capas y estilos.                                   | 238 |
| 10.15.2.4  | Almacenes de datos PostGIS.                                       | 243 |
| 10.15.2.5  | Estilos gráficos  | 245 |
| 10.15.2.6  | Visualización de capas.   | 254 |
| 10.15.3    | Integrar la AppWeb GIS - LBS, con la infraestructura tecnológica. | 257 |
| 10.15.3.1  | Conversión de coordenadas geográficas a grados decimales          | 257 |
| 10.15.3.2  | Procedimiento almacenado de creación de geometrías espaciales.    | 258 |
|            | CONCLUSIONES  | 264 |
|            | RECOMENDACIONES   | 267 |
|            | BIBLIOGRAFIA  | 269 |
|            | ANEXO A(LISTADO DE REQUISITOS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES)       | 280 |
|            | ANEXO B(ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS)                             | 292 |
|            | ANEXO C(SCRIPT DDL DE GENERACIÓN DE LA BD)                        | 317 |



## LISTA DE TABLAS

|  | pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Comparación de los servicios web OGC más populares              | 77   |
| Tabla 2. Presupuesto y recursos hardware y Software                      | 101  |
| Tabla 3. Participantes del proyecto                                      | 101  |
| Tabla 4. Roles y responsabilidades.                                      | 107  |
| Tabla 5. Fases del proceso de desarrollo                                 | 108  |
| Tabla 6. Identificación de riesgos del proyecto                          | 112  |
| Tabla 7. Planes de contingencia  | 113  |
| Tabla 8. Comparación de MapServer, GeoServer, y Deegree.                 | 144  |
| Tabla 9. Eventos Interfaz Validar Usuario                                | 150  |
| Tabla 10. Eventos Interfaz Principal                                     | 151  |
| Tabla 11. Eventos Interfaz Captura de Datos                              | 152  |
| Tabla 12. Eventos Interfaz Visor de Mapas                                | 153  |
| Tabla 13. Métodos generales a todas las clases.                          | 168  |
| Tabla 14. Contenido del paquete de fuentes AppWeb GIS LBS.               | 187  |
| Tabla 15. Configuración acceso DB AppWeb GIS LBS                         | 189  |
| Tabla 16. Acceso a la infraestructura de datos espaciales OpenGeo Suite. | 210  |

## LISTA DE CUADROS

|   | pág. |
|---|------|
| Cuadro 1. Principales líneas temáticas por evento (1999-2009)                 | 46   |
| Cuadro 2. Principales desarrollos SIG en Colombia                             | 48   |
| Cuadro 3. Fases y componentes del proceso investigativo en el desarrollo SIG. | 94   |
| Cuadro 4. Diseño metodológico fase metodológica-técnica                       | 100  |
| Cuadro 5. Entregables del proyecto.   | 105  |
| Cuadro 6. Lista de objetivos a ser cumplidos en cada iteración.               | 109  |
| Cuadro 7. Mapas base suministrados por IGAC.                                  | 115  |
| Cuadro 8. Mapas base suministrados por otras fuentes.                         | 118  |
| Cuadro 9. Participantes del proyecto  | 131  |
| Cuadro 10. Actores del Sistema  | 132  |
| Cuadro 11. Lista de entidades.  | 176  |
| Cuadro 12. Lista de relaciones.   | 176  |
| Cuadro 13. Servidor de aplicaciones.  | 180  |
| Cuadro 14. Componentes del Servidor OpenGeo Suite.                            | 181  |
| Cuadro 15. Librerías Cliente OpenGeo Suite                                    | 182  |
| Cuadro 16. Extensiones adicionales de GeoServer.                              | 183  |
| Cuadro 17. Componentes del servidor de aplicaciones.                          | 183  |
| Cuadro 18. Herramientas de desarrollo   | 184  |
| Cuadro 19. Procedimiento almacenado de integración.                           | 259  |

## LISTA DE FIGURAS

|  | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Línea evolutiva de la aplicación histórica de los SIG                      | 41   |
| Figura 2. Servicios y Estándares OGC.  | 66   |
| Figura 3. Modelos Raster y Vectorial   | 71   |
| Figura 4. Tecnologías Geoespaciales  | 76   |
| Figura 5. Arquitectura Cliente/Servidor en tres capas.                               | 89   |
| Figura 6. Fases y componentes del proceso de investigación en ingeniería de software | 98   |
| Figura 7. Planificación del proyecto.  | 102  |
| Figura 8. Mapa base y componente numérico landuse                                    | 115  |
| Figura 9. Mapa base y componente numérico roads.shp                                  | 116  |
| Figura 10. Mapa base y componente numérico waterways                                 | 116  |
| Figura 11. Mapa base y componente numérico buildings                                 | 117  |
| Figura 12. Mapa base y componente numérico places - points                           | 117  |
| Figura 13. Mapa base y componente numérico dosq-urbano                               | 119  |
| Figura 14. Mapa base y componente numérico dosq-micros y dosq-riosordenes            | 119  |
| Figura 15. Base y componente numérico dosq-geo                                       | 120  |
| Figura 16. Mapa base y componente numérico dosqlim                                   | 120  |
| Figura 17. Fenómenos de remoción en masa comuna 14 de Bucaramanga                    | 121  |
| Figura 18. Ficha de caracterización y/o inventario de fenómenos de remoción en masa  | 124  |
| Figura 19. Dispositivo móvil GPS Garmin eTrex H                                      | 125  |
| Figura 20. Funcionalidad del sistema   | 129  |
| Figura 21. Listado de requisitos funcionales.  | 133  |
| Figura 22. Listado de requisitos no funcionales.                                     | 134  |
| Figura 23. Especificación de requisitos.   | 135  |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 24. Interoperabilidad de estándares en Colombia.                    | 137 |
| Figura 25. Encabezado de descripción de servidores de mapas.               | 141 |
| Figura 26. Información general sobre servidores geográficos.               | 142 |
| Figura 27. Implementación estándares OGC                                   | 143 |
| Figura 28. Interoperabilidad IDE OpenGeo Suite                             | 147 |
| Figura 29. Modelo arquitectónico y componentes de OpenGeo Suite            | 147 |
| Figura 30. Interfaz Validar Usuario  | 149 |
| Figura 31. Interfaz Principal  | 150 |
| Figura 32. Interfaz captura de datos                                       | 152 |
| Figura 33. Interfaz Visor de Mapas   | 153 |
| Figura 34. Diagrama de secuencia Validar Usuario.                          | 156 |
| Figura 35. Diagrama de secuencia gestionar Perfiles de Usuarios y Permisos | 156 |
| Figura 36. Diagrama de secuencia Administrar Caracterización de Fenómenos  | 157 |
| Figura 37. Diagrama de secuencia Administrar Uso del Suelo.                | 157 |
| Figura 38. Diagrama de secuencia Administrar Barrios                       | 158 |
| Figura 39. Diagrama de secuencia Administrar humedad.                      | 158 |
| Figura 40. Diagrama de secuencia Administrar Causas Antrópicas             | 159 |
| Figura 41. Diagrama de secuencia Administrar Causas Naturales              | 159 |
| Figura 42. Diagrama de secuencia Administrar Color del Suelo.              | 160 |
| Figura 43. Diagrama de secuencia Administrar Daños                         | 160 |
| Figura 44. Diagrama de secuencia Administrar estados de actividad          | 161 |
| Figura 45. Diagrama de secuencia Administrar Masa Desplazada.              | 161 |
| Figura 46. Diagrama de secuencia Administrar Forma de la Pendiente.        | 162 |
| Figura 47. Diagrama de secuencia Administrar Tipos de Movimiento           | 162 |
| Figura 48. Diagrama de secuencia Administrar Origen del Suelo.             | 163 |
| Figura 49. Diagrama de secuencia Administrar Sub movimientos               | 163 |
| Figura 50. Diagrama de secuencia Administrar Subtipos de Material.         | 164 |
| Figura 51. Diagrama de secuencia Administrar Textura del Suelo             | 164 |
| Figura 52. Diagrama de secuencia Administrar Tipos de Material.            | 165 |
| Figura 53, Diagrama de secuencia Administrar Geología                      | 165 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 54. Diagrama de secuencia Administrar implicaciones de Daños  | 166 |
| Figura 55. Diagrama de secuencia Acceder a Servicios Geográficos Web | 167 |
| Figura 56. Diagrama de clases AppWeb GIS                             | 169 |
| Figura 57. Diagrama de clases Geometría.                             | 170 |
| Figura 58. Diagrama de componentes fundamentales                     | 171 |
| Figura 59. Arquitectura Orientada a Servicios                        | 173 |
| Figura 60. Arquitectura Cliente/Servidor OpenGeo Suite               | 174 |
| Figura 61. Diagrama de despliegue                                    | 175 |
| Figura 62. Diagrama Entidad/Relación                                 | 178 |
| Figura 63. Ambiente de desarrollo AppWeb GIS.                        | 185 |
| Figura 64. Interfaz Validar Usuario                                  | 190 |
| Figura 65. Interfaz Principal  | 191 |
| Figura 66. Interfaz captura de datos                                 | 192 |
| Figura 67. Acciones masivas  | 193 |
| Figura 68. Panel de Búsquedas  | 194 |
| Figura 69. Exportar registros  | 195 |
| Figura 70. Visualización de imágenes y geodatos (A)                  | 196 |
| Figura 71. Visualización de imágenes y geodatos (B)                  | 196 |
| Figura 72. Captura de datos maestro/detalle                          | 197 |
| Figura 73. Menú principal  | 198 |
| Figura 74. Visualización desde móviles                               | 199 |
| Figura 75. Menú adaptable desde móviles                              | 199 |
| Figura 76. Interfaz App Módulo LBS                                   | 200 |
| Figura 77. Instalación de programas de utilidad.                     | 205 |
| Figura 78. OpenGeo Suite Dashboard componentes.                      | 211 |
| Figura 79. Opciones del script geoserver-setup.sh                    | 213 |
| Figura 80. Opciones de Seguridad OpenGeo.                            | 214 |
| Figura 81. Administración de servicio Tamcat de OpenGeo.             | 215 |
| Figura 82. Bases de datos creadas por OpenGeo Suite.                 | 216 |
| Figura 83. Cliente gráfico para acceder remotamente a PostgreSQL.    | 220 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 84. Interface Gráfica de Quantum GIS.                       | 222 |
| Figura 85. Crear BD Postgres/Postgis.                              | 222 |
| Figura 86. Acceso a la bases de datos PostgreSQL                   | 223 |
| Figura 87. Creación de una nueva base de datos PostgreSQL/PostGIS  | 223 |
| Figura 88. Base de datos PostgreSQL/PostGIS creada.                | 224 |
| Figura 89. Selección de archivos shp.                              | 225 |
| Figura 90. Visualización de dato shape                             | 226 |
| Figura 91. Creación de conexión a PostGIS.                         | 227 |
| Figura 92. Herramienta de Importación archivos shape a PotGIS.     | 228 |
| Figura 93. Selección de archivos Shape a importar.                 | 229 |
| Figura 94. Importando archivos shape a PostGIS.                    | 230 |
| Figura 95. Verificación de importación.                            | 231 |
| Figura 96. Resultado de la importación en Postgres/PostGIS         | 232 |
| Figura 97. Configuración de GeoServer.                             | 233 |
| Figura 98. Interfaz gráfica de configuración de GeoServer.         | 234 |
| Figura 99. Creación de espacio de trabajo.                         | 235 |
| Figura 100. Configuración del espacio de trabajo.                  | 235 |
| Figura 101. Espacio de trabajo creado.                             | 236 |
| Figura 102. Creación de un almacén de datos vectoriales tipo shape | 237 |
| Figura 103. Edición de un origen de datos vectoriales SHP.         | 237 |
| Figura 104. Publicación de capas.                                  | 239 |
| Figura 105. Edición de capas.                                      | 240 |
| Figura 106. Sistema de referencia de coordenadas.                  | 241 |
| Figura 107. Renderizado de capa y aspecto visual.                  | 242 |
| Figura 108. Estilo de la capa.                                     | 242 |
| Figura 109. Capas publicadas.                                      | 243 |
| Figura 110. Creacion de almacèn de datos tipo postGIS.             | 244 |
| Figura 111. Nuevo origen de Datos vectoriales.                     | 244 |
| Figura 112. Carga de capa en Qgis.                                 | 246 |
| Figura 113. Cambio de estilo de la capa.                           | 246 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 114. Clasificación de estilos.                                   | 247 |
| Figura 115. Obtención de complementos.                                  | 248 |
| Figura 116. Instalador de complementos.                                 | 248 |
| Figura 117. Instalando complementos Python.                             | 249 |
| Figura 118. Guardar estilo en formato SLD.                              | 250 |
| Figura 119. Transformar estilo en formato SLD mediante complemento.     | 251 |
| Figura 120. Validar estilo en formato SLD                               | 252 |
| Figura 121. Visualización estilos publicados en formato SLD.            | 253 |
| Figura 122. Selección de la capa landuse para asociación de estilo.     | 253 |
| Figura 123. Selección del estilo landuse.                               | 254 |
| Figura 124. Visualización de capas desde el dashboard.                  | 255 |
| Figura 125. Visualización de la capa landuse en en el visor GeoExplorer | 255 |
| Figura 126. Visualización capa del mundo.                               | 256 |
| Figura 127. Visualización de la capa en landuse al 100%.                | 256 |
| Figura 128. Integración AppWeb e IDE                                    | 260 |
| Figura 129. Visor gráfico GeoExplorer                                   | 261 |
| Figura 130. Publicación de mapas mediante HTML                          | 262 |
| Figura 131. Visor gráfico OpenLayer                                     | 263 |

## LISTA DE FORMULAS

|  | pág. |
|--|------|
| Fórmula 1. Coordenadas geográficas a decimales | 258  |
| Fórmula 2. Coordenadas decimales a geográficas | 258  |

## LISTA DE ANEXOS

|   | pág. |
|---|------|
| ANEXO A(Listado de requisitos funcionales y no funcionales) | 280  |
| ANEXO B(Especificación de requisitos)                       | 292  |
| ANEXO C(Script DDL de generación de la BD)                  | 317  |
| ANEXO D(Manual de Usuario y Operación)                      | 333  |

## GLOSARIO

**ALGORITMOS:** es un conjunto prescrito de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generen dudas a quien lo ejecute.

**ANÁLISIS:** proceso que mapea la percepción de una realidad hasta su representación formal en modelos siguiendo una metodología concreta.

**ATRIBUTO:** miembro de datos de una clase. Define una característica para cada objeto de la clase.

**CASO DE USO:** descripción de un conjunto de secuencias de acciones, incluyendo variantes, que ejecuta un sistema para producir un resultado observable.

**CLASE:** definición de un tipo de objetos que tienen unas características comunes. Una clase es un patrón para crear nuevos objetos. Una clase contiene tanto atributos como métodos.

**CATÁLOGO DE METADATOS ESPACIALES:** Es una base de datos de metadatos, accesible, online, que tiene como objetivo, facilitar el acceso a los datos, y a su conocimiento, gracias a las propiedades descritas en los metadatos.

**CLIENTE:** Componente o aplicación software que accede a un servicio.

**DATOS GEOESPACIALES:** Cualquier tipo de información sobre objetos que tienen una localización relativa a la superficie de la Tierra.

**DEFINICIÓN DE TIPO DE DOCUMENTO (DTD):** Conjunto de normas que definen la estructura y los elementos de codificación en un documento XML.

**DISEÑO:** proceso de convertir los requisitos de un sistema en una manera de resolver el problema con el objetivo de posibilitar una implementación que cumpla el costo, prestaciones y calidad deseados.

**ESQUEMA/PERFIL DE METADATOS:** Esquema conceptual que describe una estructura de metadatos.

**ESQUEMA XML:** Lenguaje de marcas utilizado para describir la estructura y las restricciones de los contenidos de los documentos XML de una forma muy precisa. Se consigue así una percepción del tipo de documento con un nivel alto de abstracción. Fue desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C).

**EXTENSIBLE MARKUP LANGUAGE (XML):** Es un conjunto de reglas que sirven para definir etiquetas semánticas para organizar un documento. Es un metalenguaje que permite diseñar lenguaje específico de etiquetas. A diferencia de un lenguaje de etiquetas normal (HTML), XML permite definir un lenguaje propio.

**GEOGRAPHY MARKUP LANGUAGES (GML):** Sub lenguaje de XML descrito como un esquema XML para el modelaje, transporte y almacenamiento de la información geográfica.

**GEOPORTAL:** Sitio web que contiene un visualizador de datos que accede a geoinformación propia del organismo y a geoinformación contenida en WMS de otros proveedores (nodos). Puede disponer de un Catálogo.

**INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES (IDE):** Una IDE es el conjunto "tecnologías, políticas, estándares y recursos humanos para adquirir, procesar, almacenar, distribuir y mejorar la utilización de la información geográfica. Dispone de un Geoportal de entrada que da servicios de Catálogo y de visualización referente a una red de nodos (servidores de mapas) de varios proveedores de datos y servicios.

**IMPLANTACIÓN:** es el proceso de verificar e instalar un, entrenar a los usuarios, instalar la aplicación y construir todos los archivos de datos necesarios para utilizarlo.

**IMPLEMENTACIÓN:** en programación, la implementación es la programación de un determinado algoritmo en un lenguaje específico. Por ejemplo, un algoritmo en pseudocódigo se implementa en forma de código de un lenguaje de programación.

**INFORMACIÓN:** elemento fundamental que manejan los ordenadores en forma de datos binarios. El auge, proliferación y universalización de sistemas de interconexión global como Internet, ha llevado a hablar de la sociedad de la información como el nuevo paradigma del mundo en que vivimos.

**INTEROPERABILIDAD:** Capacidad para comunicar, ejecutar programas y transferir datos entre diferentes unidades funcionales. El usuario puede tener o no conocimiento sobre estas unidades.

**INTERFAZ:** programa creado para permitir la comunicación entre dos o más aplicaciones diferentes, o entre el usuario y las aplicaciones.

**INVESTIGACION:** La investigación científica es la búsqueda intencionada de conocimientos o de soluciones a problemas de carácter científico.

**KEYHOLE MARKUP LANGUAGE (KML):** Lenguaje de marcas basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones. Su gramática contiene muchas similitudes con la de GML.

**MENSAJE:** señal enviada desde un objeto emisor a otro objeto receptor para que éste lleve a cabo uno de sus métodos.

**MODELAMIENTO:** En ciencias puras y, sobre todo, en ciencias aplicadas, se denomina modelo al resultado del proceso de generar una representación abstracta, conceptual, gráfica o visual (ver, por ejemplo: mapa conceptual), física, matemática, de fenómenos, sistemas o procesos a fin de analizar, describir, explicar, simular esos fenómenos o procesos.

**METADATO DE DATO:** Datos que nos proporcionan información descriptiva sobre el contexto, características, condición, calidad de un recurso, dato u objeto.

**METADATO DE SERVICIO:** Datos que nos proporcionan la información sobre servicios de un recurso, dato u objeto. Esta información se puede visualizar de forma gráfica a partir de un servidor de mapas.

**NODO:** Sitio web, constituido por uno o varios WMS, que contiene geoinformación de un proveedor.

**OGC (Open Geospatial Consortium):** Consorcio internacional de empresas, instituciones públicas y universidades que trabajan para el desarrollo de especificaciones estándar para el procesamiento de la información geográfica.

**PROCESO:** Conjunto ordenado de métodos, procedimientos, tareas y actividades, relacionados entre sí y que contribuyen a determinar las diferentes funciones.

**PROTOTIPO:** Un prototipo puede ser un modelo del ciclo de vida del software, tal como el desarrollo en espiral o el desarrollo en cascada

**PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS:** programación basada en objetos y no en acciones, en la que los datos se modelan en clases y antes están los datos que la lógica.

**REQUISITO:** Características con las que debe cumplir un bien o servicio, implícitas u obligatorias.

**SERVICIO DE TRANSFORMACIÓN:** Servicio destinado a la conversión de conjuntos de información geográfica.

**SERVIDOR DE MAPAS:** Servidor que tiene acceso a información espacial, donde el cliente puede visualizar varia información mediante la activación de las capas disponibles.

**SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:** Sistema informático capaz de reunir, almacenar y mostrar la manipulación de la información geográfica georeferenciada.

**SIG DE ESCRITORIO:** Software que se utilizan para crear, editar, administrar, analizar y visualizar los datos geográficos instalado en estaciones de trabajo (PC).

**SISTEMAS DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS:** En un sistema de coordenadas geográficas (GCS) se utiliza una superficie esférica de tres dimensiones para definir ubicaciones en la Tierra. Con frecuencia, a los GCS, Geographic Coordinate System (sistema de coordenadas geográficas) se los llama incorrectamente datum, pero un datum es solo una parte de un GCS. Un GCS

incluye una unidad angular de medida, un meridiano base y un datum (basado en un esferoide).

UML: lenguaje unificado de modelado. Lenguaje gráfico y notacional usado en la especificación, la visualización, la construcción y la documentación de aplicaciones basadas en la orientación a objetos.

VISUALIZADOR: Aplicación que permite mostrar información al usuario a través de imágenes.

WEB COVERAGE SERVICE (WCS): Servicio que da apoyo al intercambio difundido de datos espaciales como coberturas que contienen valores o propiedades de localizaciones geográficas.

WEB FEATURE SERVICE (WFS): Servicio que proporciona la información relativa a la entidad almacenada en una capa vectorial, que reúne las características formuladas en la consulta.

WEB MAP SERVICE (WMS): Servicio que produce mapas en formato imagen para que posteriormente pueda ser visualizado a través de un navegador web o un cliente.

## RESUMEN

Los sistemas de información geográficos se han convertido en la actualidad en una importante herramienta de análisis e interpretación del componente territorial del espacio geográfico, esta investigación hace referencia sobre la incidencia de los SIG en la sociedad y los aportes que potencialmente pueden lograrse en las temáticas sociales, es así como se presenta una descripción de las características principales de estos sistemas y las ventajas que surgen al trabajar con tecnologías OpenSource y se resalta la importancia de implementar infraestructuras tecnológicas GIS expresada en servicios como patrón de diseño, que soporte la integración con aplicaciones Web GIS utilizando LBS, que soporte el desarrollo de software para el manejo y control de información espacial relacionada con problemáticas sociales, específicamente el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa.

Como resultado del seguimiento de la metodología propuesta, se implementa y pone en producción un *Geographic Information System* (GIS) como infraestructura de datos espaciales (IDEs), expresada en “servicios” como patrón de diseño, estructurado en una plataforma tecnológica OpenSource, arquitectura implementada con bases de datos relacionales con extensión espacial como sistema manejador de base de datos, servidor web Apache/tomcat y servidor de mapas, el primero permite crear mapas a partir de los datos espaciales existentes en formato digital, el segundo la interacción entre la aplicación y un browser, y la posterior publicación y consulta de la información georeferenciada en Internet usando el protocolo HTTPD.

Finalmente, se incluyen unas conclusiones sobre las temáticas, tecnologías y las experiencias abordadas en la investigación.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda como los sistemas de información geográfica han influido de manera significativa en la solución de las problemáticas ambientales y de esta manera a través de la utilización y aplicación de procesos de software en el desarrollo e implementación de sistemas de información geográfica, tecnologías *Open Source* y el seguimiento de la normalización de información geográfica propuesta por Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica (CTN 028), y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, a partir de la adopción de estándares del Comité Técnico de la ISO para sistemas de información geográfica (ISO/TC 211), se obtiene como resultado la implementación de una infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño, que soporta la integración con aplicaciones Web GIS utilizando LBS (*Location Based Services*) para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa, de fácil uso e implementación, de bajo costo, que permite tomar la cartográfica almacenada en diferentes formatos y sistemas de almacenamiento y los expone como productos cartográficos en un ambiente web que incrementa las posibilidades de su uso y el intercambio de información geográfica, accesible desde cualquier dispositivo tanto para la visualización como captura de datos a través de los servicios basados en localización (LBS), al contar con una arquitectura ágil para visualizar, mapear, analizar y compartir información geográfica.

Los siguientes capítulos presentan el detalle de la organización del documento. El capítulo 1 trata sobre la introducción: Se contextualiza, motiva y se fijan los objetivos del proyecto a realizar; el capítulo 2, Marco referencial: Se expone la literatura consultada que fundamenta el desarrollo, se explican los

estándares utilizados y estudio de las herramientas GIS disponibles y utilizadas en el proyecto; el capítulo 3, Metodología y planificación: Explica la metodología, el tipo de investigación, las fases de la investigación y el modelo de gestión empleado para el desarrollo de proyecto; el capítulo 4 y 5, Presupuesto, recursos y cronograma, el capítulo 6, Plan de desarrollo: Se detalla el desarrollo completo del sistema objetivo que da respuesta al problema planteado, de esta forma el cumplimiento de los objetivos de investigación planteados se realiza con el cumplimiento de la metodología propuesta en el diseño metodológico, el documento central es el plan de desarrollo de software; el capítulo 7, Conclusiones y recomendaciones: Se comentan las conclusiones generales del proyecto y las posibles ampliaciones del mismo, finalmente se suministran los anexos así:

Anexo A, Listado de requisitos funcionales y no funcionales.

Anexo B, Especificación de requisitos.

Anexo C, Script DDL de generación de la BD.

Anexo D, Manual de usuario.

## 1. ANTECEDENTES

El AMCO<sup>1</sup> municipios de Pereira y Dosquebradas históricamente ha sido catalogada como una zona con alta susceptibilidad a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa e inestabilidad de taludes, asociadas a las condiciones topográficas, morfométricas, hidrológicas, geológicas y climáticas, uso del suelo y al aumento de la población y aunque la gestión del conocimiento asociada a la gestión del riesgo generado por fenómenos de remoción en masa es responsabilidad de las autoridades locales, (tal como lo indica el Decreto Ley 919 de 1989<sup>2</sup> y La ley 388 de 1997<sup>3</sup>), desarrollando planes para la mitigación del riesgo, atención de desastre, estudios de zonificación y susceptibilidad de deslizamiento sectorizadas. Los fenómenos de remoción en masa siguen presentándose con consecuencias e impactos cada vez más severos, comprometiendo la seguridad y bienestar de pobladores, bienes e infraestructura municipal de Pereira y Dosquebradas.

Es así como este proyecto de investigación surge como por iniciativa de los grupos de investigación de los programa de ingeniería civil e ingeniería de sistemas de la Universidad Libre seccional Pereira, los cuales en el marco de la argumentación académica inician investigaciones tendientes al estudio y

---

<sup>1</sup> AMCO. Quienes Somos? Área Metropolitana Centro Occidente Pereira. [www.amco.gov.co](http://www.amco.gov.co). (2014)

<sup>2</sup>REPUBLICA DE COLOMBIA. DECRETO LEY 919 de 1989. [http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3532\\_documento.pdf](http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3532_documento.pdf)

<sup>3</sup> REPUBLICA DE COLOMBIA. LEY 388 DE 1997. <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>

propuestas de soluciones a las problemáticas sociales generadas por los riesgos ambientales de alto impacto como los ya expuestos.

Para su desarrollo, se hace necesario abordar el estudio del dominio del problema y los antecedentes al respecto, incluyendo la información generada por estos que se convierten en insumo para el cumplimiento del objetivo general de la investigación, también es necesario abordar como los sistemas de información geográfica han influido de manera significativa en la solución de las problemáticas ambientales y de esta manera a través de la utilización de procesos de software en el desarrollo e implementación de sistemas de información geográfica proponer una solución que permita el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa, tomando como base de desarrollo la estructuración conceptual de la ingeniería de software, y con el seguimiento de la normalización de información geográfica propuesta por Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica - (ICONTEC<sup>4</sup> - CTN 028<sup>5</sup>), con secretaría técnica ejercida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC<sup>6</sup>) y apoyado por la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE<sup>7</sup>), a partir de la adopción de estándares del Comité Técnico de la ISO para sistemas de información geográfica (ISO/TC 211<sup>8</sup>).

---

<sup>4</sup>INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS-ICONTEC. [www.icontec.org.co](http://www.icontec.org.co)

<sup>5</sup>COMITÉ TECNICO DE NORMALIZACION DE INFORMACION GEOGRAFICA - CTN 028. [www.icde.org.co/web/ctn028/principal](http://www.icde.org.co/web/ctn028/principal)

<sup>6</sup> INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI-IGAC. [www.igac.gov.co](http://www.igac.gov.co)

<sup>7</sup> INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA DE DATOS ESPACIALES. [www.icde.org.co](http://www.icde.org.co)

<sup>8</sup>INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.ISO/TC211.Geographic Information/Geomatics. [www.isotc211.org](http://www.isotc211.org)

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### 2.1 TÍTULO

Implementación de infraestructuras tecnológicas (GIS) – *Geographic Information System*, expresada en “servicios” como patrón de diseño, para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa en el área metropolitana centro occidente de Risaralda, municipios de Pereira y Dosquebradas.

### 2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante la última década, los sistemas de información geográfica o GIS por sus siglas en inglés han ocupando un lugar importante en la Ingeniería del conocimiento. Muchas soluciones, en distintas áreas, aprovechan las bondades que estos brindan para organizar el conocimiento en dominios específicos, y luego utilizarlas para ayudar a resolver problemas en dichos dominios.

Este proyecto de investigación expone como implementar una infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño, que soporte la integración con aplicaciones Web GIS utilizando LBS (*Location Based Services*)<sup>9</sup> en el dominio de la gestión del riesgo ambiental. Por lo tanto el planteamiento del problema y justificación se divide en dos partes. La primera relacionada con el

---

<sup>9</sup> JOOST KOPPERS. Location Based Services, Een algemeen model voor de keuze tussen locatiebepalingstechnieken. Nijmegen, 2013, p. 20 Tesis (Informatics for Technical Applications). University of Nijmegen. Computing Science Department.

dominio de aplicación y la segunda, desde el punto de vista de la ingeniería del software y como aborda esta la implementación de infraestructuras tecnológicas GIS.

### 2.2.1 Problemas relacionados con el dominio

Es común en nuestro medio el aumento del número de habitantes soportando crisis sociales generadas por la pérdida de vidas humanas, viviendas y medios de subsistencia; pérdidas asociadas a la ocurrencia de diferentes fenómenos tales como sismos, inundaciones, deslizamientos, erupciones volcánicas, remoción en masa, inestabilidad de taludes, uso del suelo y aumento de la población, estos riesgos y amenazas en el Área Metropolitana Centro occidente del departamento de Risaralda (AMCO), son considerablemente elevados y varían de acuerdo al tipo y periodicidad de ocurrencia, abarcando desde los que son muy frecuentes hasta los que son de carácter esporádico, con diversos niveles de severidad por la forma de ocurrencia como por los impactos directos o indirectos que producen sobre los elementos expuestos a nivel físico, social, cultural y ambiental.

Entre los eventos poco frecuentes pero con un alto potencial de impacto sobre la sociedad, se encuentran los fenómenos volcánicos. A pesar de que sus registros históricos son limitados, su actividad es indudable, destacándose que en un radio de 50 km con centro en la ciudad de Pereira, capital del departamento de Risaralda, se identifican por lo menos ocho volcanes, cinco de los cuales son considerados activos en diverso grado y con diferentes niveles de explosividad.

Por otro lado

Los sismos con poder destructivo en las poblaciones de Risaralda ocurren al menos entre una y dos veces cada 10 a 20 años. Dónde las principales fuentes sísmicas son parte del contexto tectónico de la región, caracterizado por la placa de Nazca y la placa continental. ... Aunque estos eventos ocurren a grandes distancias del territorio Risaraldense (mayores de 250 Km.), por su magnitud son sentidos por la comunidad, eventualmente, pueden ocasionar daños sobre edificaciones de mayor vulnerabilidad física.<sup>10</sup>

Según Las Naciones Unidas y CEPAL<sup>11</sup> otras fuentes sísmicas, que representan una alta amenaza para las poblaciones del departamento de Risaralda, son el denominado Plano de Benioff<sup>12</sup> o Plano de Subducción y las fuentes sísmicas superficiales en la zona continental, originadas por fallas activas de alto poder destructivo que producen impactos de alta severidad en los territorios más próximos, tal como se evidenció durante el sismo del 25 de enero de 1999, con un fuerte impacto sobre las poblaciones de Pereira, Dosquebradas, Santa Rosa de cabal y Marsella, en el departamento de Risaralda, además de otros 24 municipios más en departamentos vecinos.

Los deslizamientos e inundaciones ocurren frecuentemente, dadas las condiciones geológicas y el relieve de gran parte del territorio, que además son intensificadas

---

<sup>10</sup>COMUNIDAD ANDINA. Serie: Experiencias significativas de desarrollo local frente a los riesgos de desastres: El conocimiento como hilo conductor en la gestión ambiental del riesgo en el departamento de Risaralda. (2009).p. 14

<sup>11</sup>NACIONES UNIDAS - CEPAL. El terremoto de enero de 1999 en Colombia: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje Cafetero. (1999). p. 39

<sup>12</sup> INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIAS EDUCATIVAS Y FORMACION DEL PROFESORADO – INTEF. Proyecto Biosfera. Las placas litosféricas o tectónicas.

por los cambios en los usos del suelo, diversas intervenciones humanas con actividades productivas, así como acciones del desarrollo en obras de infraestructura.

Los anteriores fenómenos son generadores de inestabilidad de taludes y remoción en masa, MOLINA. G, indica que “a partir de los procesos de inestabilidad de taludes que frecuente y recurrentemente se dan en la ciudad, no obstante haberse adelantado previamente análisis de estabilidad y exploración geotécnica con sus respectivos ensayos de laboratorio que arrojan diseños de perfilado y medidas de estabilización, se siguen presentando en el territorio fenómenos de remoción en masa con múltiples consecuencias e impactos”<sup>13</sup>, con el agravante que para muchas de estas obras no se conoce su ubicación, estado actual, sus características de diseño, tipología de intervención, vida útil, funcionalidad y medidas de mitigación.

Según LA COMUNIDAD ANDINA<sup>14</sup>, el problema se intensifica debido a las debilidades en el control urbano por parte de las administraciones municipales, la inexistencia de información centralizada, baja capacidad de acción y la poca continuidad de los funcionarios de los organismos o instancias encargadas de la prevención y atención de desastres, lo cual se ve reflejado incluso a nivel nacional, ya que estas oficinas dependen de otros despachos al interior de las instituciones, para la toma de decisiones y la designación de presupuestos, potenciando así la ocurrencia e impacto de los desastres, pese a los avances en mitigación, esta dinámica continúa en proceso.

---

<sup>13</sup> MOLINA, G. Comportamiento del suelo en la zona no saturada y su relación con la estabilidad de taludes. En: Revista Espíritu Ingenieril Universidad Libre Pereira. Vol. 3, No 1 (2010); p. 7.

<sup>14</sup> COMUNIDAD ANDINA, Op. cit., p. 16

### 2.2.2 Problemas relacionados con los SIG

Actualmente la mayoría de la información está disponible a través de internet y las decisiones y acciones dependen de un conocimiento profundo de los hechos y fenómenos geográficos, este es un tema relevante a la hora de abordar las problemáticas sociales, pues la implementación de una tecnología depende de las necesidades temáticas e informáticas, pero también de las posibilidades económicas, como respuesta a esto, los SIG han incursionado en internet, a través de herramientas que posibilitan el intercambio remoto de información espacial entre diversos usuarios. La ingeniería de software ha permitido el desarrollo de una amplia gama de soluciones que ofrecen funciones de SIG, dentro de las cuales se encuentran aquellos programas que pueden ser libremente distribuidos y modificados; pero también existen los llamados propietarios, que tienen restringido el acceso al código fuente.

Históricamente los proyectos que involucran sistemas de información georreferenciada se han desarrollado como proyectos específicos de áreas organizacionales, aislados y desarticulados entre sí, con altos montos de inversión en tecnologías, personal experto, formación de recursos humanos, levantamiento de información y adquisición de datos a terceros, pese a esta inversión, los resultados obtenidos no son los mejores. Es común encontrar que este tipo de sistemas tienen poca repercusión o desaparecen rápidamente, ya sea por desconocimiento, falta de experiencia, dificultad en el acceso o uso.

### 2.2.3 El problema de investigación

Desafortunadamente, la aplicación de tecnologías SIG en las temáticas socio-ambientales ha sido reducida, se ha enfocado en áreas catastrales, de transporte, y marketing y no a la consolidación de sistemas que ubiquen espacialmente y caractericen los grupos de población afectados por problemáticas como las abordadas en la presente investigación.

Se reconoce que existen desarrollos importantes de SIG y gran cantidad de información asociada al dominio del problema, pero ella se encuentra dispersa, asociadas al fenómeno ya ocurrido, en algunos casos obsoleta, sin el cumplimiento de las normas y técnicas propuestas por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica –CTN 028a partir de la adopción de Estándares del Comité Técnico ISO/TC 211.

En las Américas y en las entidades a cargo de la producción de datos espaciales, tanto básicos como temáticos, no existe realmente una tradición de apego a la aplicación de estándares, lo cual explica buena parte de los problemas relacionados con la calidad, el bajo nivel de interoperabilidad y la ausencia de documentación útil esencial tanto para acceder como para facilitar el desempeño esperado de las bases de datos espaciales fundamentales en la región.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup>INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - IPGH. Guía de normas. ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics.p. 7.

Según lo anterior resulta de extrema importancia implementar una infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño, que soporte la integración con aplicaciones Web GIS utilizando LBS (*Location Based Services*) en el dominio de la gestión del riesgo ambiental, de fácil implementación, de bajo costo, que permita tomar la cartográfica almacenada en diferentes formatos y sistemas de almacenamiento y exponer estos productos cartográficos en un ambiente web que incrementen las posibilidades de uso de los mismos, que garantice el intercambio de información geográfica, obteniendo de esta forma una mayor interoperabilidad entre las partes que usan los productos cartográficos, fácil de usar y accesible desde cualquier dispositivo tanto para la visualización como captura de datos a través de los servicios basados en localización (LBS), al contar con una arquitectura ágil para visualizar, mapear, analizar y compartir información.

Es aquí dónde las tecnologías *Open Source* cobran valor, permitiendo el desarrollo de infraestructuras que impliquen la implementación de herramientas especializadas, que si se realizan en software propietario se incurre en altos costos por la adquisición y mantenimiento de las licencias, con lo cual se comprometen el sostenimiento y la evolución de estas aplicaciones.

### 2.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Que infraestructura tecnológica GIS basada en software libre se puede implementar, para la ubicación espacial y caracterización de fenómenos sociambientales y la población afectada por ellos, cumplimiento de las normas y técnicas propuestas por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica –CTN 028, de fácil implementación, de bajo costo, integrable y

adaptable a desarrollos y formatos existentes, que permita exponer los productos cartográficos en un ambiente web que garantice el intercambio de información geográfica, e interoperabilidad entre las usuarios partes que usan los productos cartográficos?

## 2.4 HIPOTESIS

Mediante la implementación de una infraestructura tecnológica GIS basada en software libre, que cumpla las normas y técnicas propuestas por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica –CTN 028, de fácil de usar e implementar, de bajo costo, integrable y adaptable a desarrollos y formatos existentes, accesible desde cualquier dispositivo para la visualización y captura de datos a través de los servicios basados en localización (LBS), al contar con una arquitectura ágil para visualizar, mapear, analizar y compartir información, se puede ubicar espacialmente y caracterizar diversos fenómenos sociambientales, la población afectada por ellos y posterior toma de decisiones.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar una infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño, que soporte la integración con aplicaciones Web GIS utilizando LBS.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar y seleccionar la infraestructura tecnológica basada en software libre, adecuada para la implementación de *geographic information system* (GIS) expresada en servicios.
- Desarrollo de una AppWeb GIS utilizando LBS (*Location Based Services*), para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa.
- Implantar y adaptar la infraestructura tecnológica expresada en servicios, como soporte al inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa.
- Integrar el desarrollo AppWeb GIS - LBS, con la infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios.

## 4 RESULTADOS ESPERADOS

1. Proponer soluciones a diferentes problemáticas empresariales y sociales bajo la necesidad de información geográfica ubicua, que busque la eficiencia, la innovación y la escalabilidad de mecanismos que permitan la producción de información geográfica con criterios de calidad, actualizada y oportuna, para la prevención del riesgo y el desarrollo sostenible de la sociedad.
2. Permitir la interdisciplinariedad entre los grupos de investigación de la Universidad Autónoma de Bucaramanga en los procesos de construcción y producción de información geográfica, proporcionando alternativas de implementación tecnológica, mejores prácticas organizacionales con visión estratégica y holística.
3. Guía técnica y metodológica para la implementación y puesta en producción de *Geographic Information System* (GIS) como infraestructura de datos espaciales (IDEs), expresada en “servicios” como patrón de diseño, estructurado en una plataforma tecnológica GNU/GLP, arquitectura implementada con bases de datos relacionales con extensión espacial, como sistema manejador de base de datos, servidor web Apache/tomcat y servidor de mapas, el primero permitirá crear mapas a partir de los datos espaciales existentes en formato digital, el segundo la interacción entre la aplicación y un browser, y posteriormente permitirá la publicación y consulta de la información georeferenciada en Internet usando el protocolo HTTPD.
4. Documentación asociada a la implementación de una infraestructura tecnológica GIS, que permita a los usuarios compartir y editar datos geoespaciales, la infraestructura será diseñada para la interoperabilidad con datos de cualquier fuente de datos espaciales usando estándares abierto como estándar *Open Geospatial Consortium Web Feature Service*, también implementara las especificaciones de *Web Map Service* y *Web Coverage*

*Service*, permitiendo soporte a diversos formatos de entrada como PostGis, Shapefile, ArcSDE y Oracle. VFP, MySQL, MapInfo y WFS.

5. Marco de trabajo para la integración de aplicaciones GIS - LBS, con infraestructuras tecnológicas GIS expresada en servicios.

## 5 ESTADO DEL ARTE

Según el grupo de estudios sobre geografía y análisis espacial con sistemas de información geográfica (GESIC), “se considera que las Tecnologías de la Información Geográfica y particularmente los Sistemas de Información Geográfica(SIG) se convierten en herramientas teórico-metodológicas fundamentales al momento de apoyar decisiones y acciones racionales que intenten encontrar caminos útiles para el desarrollo futuro”<sup>16</sup>, siendo de suma importancia que cuenten con normalización geográfica para facilitar el intercambio de productos y servicios mediante la eliminación de las barreras técnicas.

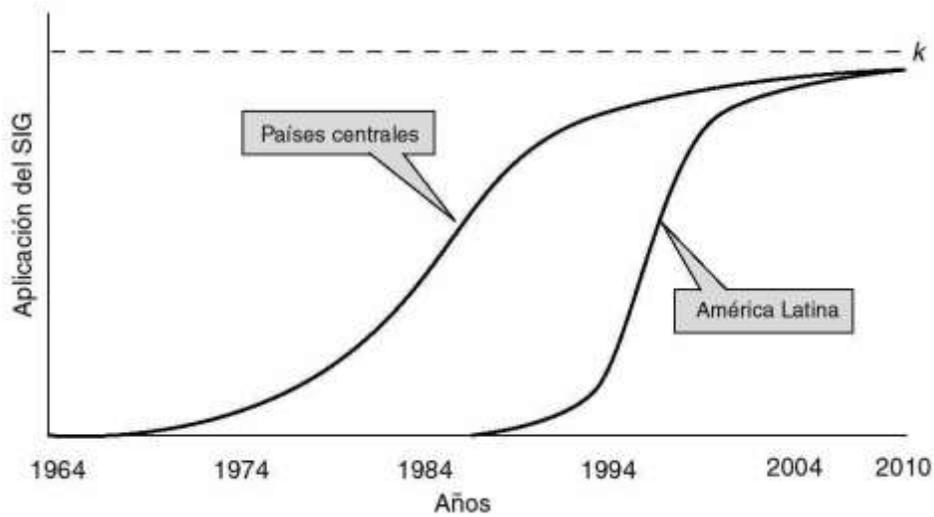
BUZAI<sup>17</sup>, plantea una línea evolutiva de la aplicación histórica de los SIG, la cual ha seguido una curva que actualmente se encuentra en el límite  $k$  para el año 2010 tanto en los países centrales (América Anglosajona y Europa) como en América Latina (Figura 1), lo que indica que se utilizan las mismas tecnologías, la figura también muestra que para llegar al límite  $k$  de confluencia, América Latina inicio en 1987 (23 años más tarde) e implicó una mayor aceleración en la adopción de estas tecnologías.

---

<sup>16</sup>GESIC.<http://www.gesig-proeg.com.ar/>

<sup>17</sup> BUZAI, G.D.; ROBINSON, D. Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. En: Journal of Latin American Geography. Vol 9(3): p 7. (2010)

Figura 1. Línea evolutiva de la aplicación histórica de los SIG



Fuente: BUZAI, G.D.; ROBINSON, D. Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. En: Journal of Latin American Geography. Vol 9(3): p 7. (2010)

Teniendo en cuenta esta tendencia cuando se hace referencia a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de manera inmediata se hace relación al uso de una herramienta informática cuyo objetivo fundamental es hacer eficiente manejo de información geoespacial, por lo tanto se analizara una línea evolutiva centrada en el software que ha hecho posible alcanzar ese objetivo.

D. ROBEY<sup>18</sup>, indica que los SIG no solamente posibilitan aplicaciones técnicas, sino que tienen un importante componente teórico-metodológico e interdisciplinar para los estudios del pasado y presente de la humanidad y tienen el valor añadido que relacionan estrechamente un amplio espectro de condicionamientos naturales y múltiples fenómenos geográficos y sociopolíticos; esto ha hecho que en las últimas dos décadas (1990 – 2000) se acepte que tienen un componente técnico

<sup>18</sup> D. ROBEY. E-Science in the arts and humanities: International Journal of Humanities and Arts. Computing, Vol. 1, (1, 2007), p. 1-3

conocido como *GISystem* y uno teórico multidisciplinario orientado a la *GIScience*, generando reflexiones en torno de la relación entre Geografía y SIG. En este sentido, toda aplicación SIG se encontrará dentro de una geografía que estudia fenómenos ambientales, sociales o políticos y su diferenciación en el presente y futuro.

Es importante distinguir un SIG como desarrollo tecnológico de una herramienta de desarrollo de SIG, al respecto NIEVES R. BRISABOA, JOSÉ A. & OTROS.<sup>19</sup>Indican “Una herramienta de desarrollo SIG ofrece las funcionalidades necesarias para el almacenamiento y gestión de la información alfanumérica y geográfica, así como un conjunto de herramientas para la captura de datos y realización de consultas de esos mismos datos. Sin embargo, no ofrecen un entorno de captura y consulta adaptado a la información específica que se pretende almacenar en el SIG”, es decir para crear un SIG, es necesario una herramienta de desarrollo SIG.

En cuanto a la evolución de las herramientas SIG, esta se presenta en tres generaciones:

“Primera generación:La informacióngeográfica (e índices asociados) se almacena en ficheros cuyo formato es particulardel SIG, por lo que éste es la única herramienta que puede ser utilizada parainterpretar y manipular los datos.

---

<sup>19</sup>NIEVES R. BRISABOA, JOSÉ A. & OTROS. Sistemas de Información Geográfica: Revisión de su Estado Actual. En: RITOS2: Ingeniería de Software - Laboratorio de Bases de Datos. Facultad de de Informática. Universidad de La Coruña. (2012). p. 78.

Segunda generación:... trata de integrar los datos geográficos con los de una base de datos tradicional.

Tercera generación: ...consiste en sistemas que utilizan los nuevos SGBD extensibles, los cuales pueden ser extendidos mediante módulos. Estos módulos incorporan nuevos tipos de datos, nuevos operadores y nuevos índices que permiten que el SGBD entienda de forma nativa los datos espaciales y sus operadores, gestionándolos de forma eficiente.”<sup>20</sup>

Centrándose en el SIG como desarrollo tecnológico, se considera al CGIS (Canada Geographic Information Systems)<sup>21</sup> de 1964 como el primer SIG y los principales análisis históricos lo toman como el primer hito al estudiar esta evolución desde el punto de vista de los *G/Systems*; durante los años 70 y gracias a la introducción de las computadoras y el modelado de datos se presenta aplicación de la tecnología computarizada a la cartografía, al respecto el Instituto Panamericano de Geografía e Historia<sup>22</sup>, indica que el origen de la cartografía automatizada asistida por computadora, junto con la adaptación de las matemáticas topológicas a la cartografía/geografía asistida por computadora se da alrededor del año 1975 lo que condujo al surgimiento de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

---

<sup>20</sup>J. R. DAVIS. IBM's DB2 Spatial Extender: Managing Geo-Spatial Information within the DBMS. Technical Report IBM Corporation. (1998). Citado por: NIEVES R. BRISABOA, JOSÉ A. & OTROS. Sistemas de Información Geográfica: Revisión de su Estado Actual. En: RITOS2: Ingeniería de Software - Laboratorio de Bases de Datos. Facultad de de Informática. Universidad de La Coruña. (2012). p. 82.

<sup>21</sup> THE CANADIAN ENCYCLOPEDIA. Geographic Information Systems. <http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/geographic-information-systems/>

<sup>22</sup>INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - IPGH.Op. cit.p. 13.

El año 1987 se considera como el comienzo de la temática de los Sistemas de Información Geográfica en América Latina cuando se realiza la I Conferencia Latinoamericana de Informática en Geografía en San José de Costa Rica y se inicia la experimentación e incorporación de estas tecnologías en proyectos de investigación y docencia, quedando aun relegada la actividad pública y privada.

Diferentes universidades de la región reciben gratuitamente herramientas de desarrollo SIG, como el sistema vectorial PC Arc/Info<sup>23</sup> (versión 3.2.1) por parte de ESRI y The Ohio State University, a través de Duane Marble, distribuye gratuitamente para la actividad académica el sistema raster OSU MAP-for-the-PC (versión 2.0), a través de estas herramientas fue posible ver los primeros proyectos de aplicación, gracias a los aportes académicos de Burrough<sup>24</sup> se incorporo el sistema raster que permitió estudios de medio ambiente y cambios de usos del suelo y el uso del sistema vectorial que comenzó a aplicarse en cartografía y bases de datos catastrales.

En 1991 se inicia el desarrollo de aplicaciones de análisis espacial y modelados a través del uso específico o combinado de estructuras (vectoriales - raster) y al sistema SPANS<sup>25</sup> (*Spatial Analysis Systems de Tydac Technologies Inc. Canadá*) promovido por IBM Argentina S.A en las Jornadas Gerenciales de Sistemas de Información Geográfica en Buenos Aires.

---

<sup>23</sup>Arc/Info. ESRI. Versión 3.2.1. 1982. <http://en.wikipedia.org/wiki/ArcInfo>

<sup>24</sup>BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press. Oxford. (1986).

<sup>25</sup>SPANS. Tydac Technologies Corp's Spatial Analysis System. Versión 5. <http://geospatial.blogs.com/geospatial/2012/09/in-memory-of-one-of-the-early-innovators-in-geospatial-analytics.html>

A partir de 1995 y hasta el 2001 grupos de investigación y profesionales individuales incursionan en el uso de diferentes sistemas y obtienen soluciones a cuestiones específicas, utilizando nuevas versiones de PC ARC/INFO, aparece software más amigable (ArcView GIS), OSU MAP-for-the-PC, IDRISI, Mapinfo y SPRING, consiguiendo resultados con rapidez y sin demasiados inconvenientes, esta tendencia estuvo apoyada por los gobiernos locales y nacionales y fomentada por el WB (*World Bank*) y el BID (Banco Interamericano de Desarrollo), a través de sus recomendaciones de modernización tecnológicas y académicas.

Una vez superados diversos aspectos relativos al correcto funcionamiento de las herramientas de desarrollo SIG y el correcto uso de la información, la década del 2000 se ha caracterizado por el uso masivo de la tecnología de los SIG orientados a una gran diversidad de aplicaciones, esta variedad temática es la que muestra la mayor riqueza conceptual y metodológica en el marco integrador de una Geografía Aplicada basada en el uso de Sistemas de Información Geográfica. BUZAI Y ROBINSON<sup>26</sup>, presentan un cuadro resumen con las líneas temáticas a lo largo de la década del 2000 abordadas por CONFIBSIG<sup>27</sup> (Cuadro 1.)

---

<sup>26</sup>BUZAI, G.D.; ROBINSON, D. Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. En: *Journal of Latin American Geography*. Vol 9(3): p 8. (2010).

<sup>27</sup>La Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIBSIG) constituye la reunión científico-tecnológica de mayor alcance de la especialidad en América Latina. En momentos de su realización queda delineado el estado del arte en cuanto a los desarrollos teóricos, metodológicos y de aplicación correspondientes a los avances realizados desde diferentes disciplinas que han encontrado en la Geografía como ciencia y, particularmente, en la geoinformación una dimensión fundamental para sus estudios.

Cuadro 1. Principales líneas temáticas por evento (1999-2009)

| <b>VII<br/>CONFIBSIG<br/>Venezuela,<br/>1999</b> | <b>VIII<br/>CONFIBSIG<br/>Brasil,<br/>2001</b> | <b>IX<br/>CONFIBSIG<br/>España,<br/>2003</b> | <b>X<br/>CONFIBSIG<br/>Puerto<br/>Rico, 2005</b> | <b>XI<br/>CONFIBSIG<br/>Argentina,<br/>2007</b> | <b>XII<br/>CONFIBSIG<br/>Costa Rica,<br/>2009</b> |
|--|--|--|--|---|---|
| Aplicaciones Web                                 | Agrimensura y Geodesia                         | Actividades agrarias                         | Arqueología                                      | Ecología  | Ambiente  |
| Catastro   | Cartografía                                    | Análisis de paisaje                          | Aplicaciones municipales                         | Gestión de la información                       | Educación   |
| Desastres naturales                              | Catastro                                       | Desarrollo Sostenible                        | Desarrollo sostenible                            | Impacto ambiental                               | Gestión de proyectos                              |
| Educación  | Enseñanza                                      | Geomorfología e Hidrología                   | Enseñanza  | Población y calidad de vida                     | Infraestructura de datos                          |
| Equipamiento                                     | Fotogrametría                                  | Gestión urbana                               | Estudios ambientales                             | Recursos hídricos                               | Ordenación territorial                            |
| Medio Ambiente                                   | Hidrografía                                    | Información geográfica                       | Estudio de áreas naturales                       | Recursos naturales                              | Población y calidad de vida                       |
| Metodología                                      | Sensores                                       | Medio  | Estudio de                                       | Salud   | Riesgos Naturales                                 |

Fuente: BUZAI, G.D.; ROBINSON, D. Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. En: Journal of Latin American Geography. Vol 9(3): p 8. (2010)

Es notorio en este marco que la tendencia actual y los conocimientos obtenidos de investigaciones básicas son claramente aplicados con la finalidad de que los desarrollos teóricos sean de utilidad social en cuanto a la resolución de problemáticas concretas como lo es la presente investigación “Implementación de infraestructuras tecnológicas (GIS) *Geographic Information System*, expresada en “servicios” como patrón de diseño, para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa en el Área Metropolitana Centro Occidente de Risaralda, municipios de Pereira y Dosquebradas”.

Considerando la realización de software SIG los principales desarrollos de *software* en América Latina, BUZAI y ROBINSON, resumen.

Podemos mencionar el SAGA (*Sistema de Analise Geo-Ambiental, Universidade Federal de Rio de Janeiro, www.lageop.igeo.ufrj.br*) realizado bajo la dirección de J. Xavier da Silva y SPRING (*Sistema de Processamento de Informacoes Georreferenciadas, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, www.dpi.inpe.br/spring/*) con participación de G. Camara. Fueron desarrollados otros sistemas actualmente no utilizados, como el GEO-INF realizado en la UNESP (*Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro*) que funcionaba como complemento de OSU-MAP for the PC (Teixeira, A.L.A.; Gray de Cerdán, N.A., 1990) o el Telemap/GIS del Instituto Cubano de Hidrografía, institución actualmente integrante de GEOCUBA.

Actualmente hay una importante comunidad de usuarios de SPRING que tiene su núcleo en Brasil y seguidores en diferentes países. De todas formas son los SIG desarrollados en USA los que dominan las aplicaciones en la región. En sistemas *raster* IDRISI de Clark University y en sistemas *vectorial* ArcView GIS – ArcGIS de ESRI.<sup>28</sup>

En Colombia “hacia finales de los ochenta, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, empieza a dar sus primeros pasos tendientes a la modernización de sus sistema cartográfico; a inicios de los años noventa, se hace la primera adquisición de software y hardware que permite la tecnificación de la producción cartográfica y el manejo de catastro Colombiano”<sup>29</sup>.

En cuanto a la resolución de problemáticas concretas (cuadro 2), surge el portal geográfico nacional (PGN)<sup>30</sup> para integrar en un único portal la información geográfica oficial de Colombia producida por las diferentes entidades del gobierno,

---

<sup>28</sup>BUZAI, y ROBINSON, Op. Cit., p 6-7.

<sup>29</sup> GOMEZ GOMEZ, Jorge. QUIROGA ARCINIEGAS Vanessa. Sistemas de información geográfica. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Ediciones UIS. 2005. P. 17.

<sup>30</sup> PNG. <https://pgn-icde.maps.arcgis.com/home/>

articulando sus datos de manera conjunta y coherente para ser ofrecida a la ciudadanía, en una forma organizada, dispuesta en medios de fácil uso y acceso.

Cuadro 2. Principales desarrollos SIG en Colombia

| <b>Instituto Geográfico Agustín Codazzi:</b>  |  |                                      |   |               |
|---|--|--------------------------------------|---|---------------|
| es un establecimiento público del orden nacional, que tiene como objetivo cumplir el mandato constitucional referente a la elaboración y actualización del mapa oficial de la República de Colombia; desarrollar las políticas y ejecutar los planes del Gobierno Nacional en materia de cartografía, agrología, catastro y geografía, mediante la producción, análisis y divulgación de información catastral y ambiental georreferenciada, con el fin de apoyar los procesos de planificación y ordenamiento territorial, además de formar profesionales en tecnologías de información geográfica y coordinar la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). |  |                                      |   |               |
| <b>Servicio Geográfico</b>  | <b>Descripción</b>   | <b>Arquitectura</b>                  | <b>URL</b>  | <b>Estado</b> |
| Geografía y Cartografía   | Asesorar y proponer políticas, reglamentos, planes, programas, proyectos y procesos para la producción, actualización y mantenimiento de información, productos y servicios geodésicos, fotogramétricos, cartográficos y geográficos del país. | Web Mapping<br>ArcGis<br>Server/Java | <a href="http://ssiglwps.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapald=7&amp;title=Mapa%20Base">http://ssiglwps.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapald=7&amp;title=Mapa%20Base</a> | Activo        |
| Catastro  | Desarrolla y administra el Sistema de Información Catastral, con sus atributos físicos, económicos, jurídicos y fiscales, para la producción del desarrollo y el ordenamiento territorial.   | Web Mapping<br>ArcGis<br>Server/Java | <a href="http://ssiglwps.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapald=23">http://ssiglwps.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapald=23</a>   | Activo        |
| Agrícola  | Dirigir y realizar la producción, actualización, custodia, preservación y documentación estandarizadas de los programas y proyectos relacionados con el levantamiento de suelos y el inventario de las tierras del país.                       | Web Mapping<br>ArcGis<br>Server/Java |   | Inactivo      |

Cuadro 2 (Continuación)

| Servicio Geográfico       | Descripción   | Arquitectura   | URL   | Estado |
|---------------------------|---|--|---|--------|
| MAGNA                     | Mapa de Estaciones continuas Red MAGNA-ECO (Descarga RINEX y tiempo de rastreo)   | Web Mapping<br>ArcGis<br>Server/Java                   | <a href="http://ssiglwps.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapald=17">http://ssiglwps.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapald=17</a>                                   | Activo |
| Servicios web geográficos | lista de los servicios web geográficos WMS (Web Map Service) y WFS (Web Feature Service), que pueden ser consumidos a través de clientes ligeros, o clientes robustos como ArcGIS, gvSig, Quantum GIS entre otros.  |  | <a href="http://www.igac.gov.co/wps/portal/igac/raiz/iniciohomed/MapasdeColombia/Descargas">http://www.igac.gov.co/wps/portal/igac/raiz/iniciohomed/MapasdeColombia/Descargas</a> | Activo |
| SIG-OT                    | Sistema de Información Geográfica para la planeación y el Ordenamiento Territorial Nacional) es una herramienta cuyo objetivo central es contribuir a una eficiente y oportuna toma de decisiones, apoyando a los actores –autoridades e instancias– en el sistema de planeación a nivel nacional, regional y local, con información político-administrativa, socio-económica y Ambiental georreferenciada que soporte la gestión del desarrollo. | ARCSDE 9.2<br>(SQLSERVER 2005)<br>ARCGIS<br>SERVER 9.2 | <a href="http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/">http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/</a>   | Activo |

Cuadro 2 (Continuación)

| <b>SECTOR AMBIENTAL:</b>  |  |                                       |   |                              |
|---|--|---------------------------------------|---|------------------------------|
| El Comité Sectorial Ambiental coordinado por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, trabajará por el manejo eficiente de los recursos tecnológicos, financieros, humanos, legales e institucionales, destinados a la ejecución de los planes, programas y proyectos, que respondan a las estrategias específicas de la Política Nacional de Información Geográfica, a lo dispuesto en los documentos CONPES 3585 y 3762, entre otros, y a los lineamientos que emita la ICDE y a la normatividad nacional existente en temáticas asociadas a información geográfica. |  |                                       |   |                              |
| <b>Servicio Geográfico</b>  | <b>Descripción</b>   | <b>Arquitectura</b>                   | <b>URL</b>  | <b>Estado</b>                |
| Instituto Alexander von Humboldt  | Entidad sin ánimo de lucro, cuya misión es promover, coordinar y realizar investigación que contribuya a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad como un factor de desarrollo y bienestar de la población colombiana. | Web Mapping<br>ArcGis<br>Server/Java  | <a href="http://www.humboldt.org.co/servicios/infraestructura-institucional-de-datos">http://www.humboldt.org.co/servicios/infraestructura-institucional-de-datos</a> | Inactivo                     |
| IDEAM   | Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Generar conocimiento y garantizar el acceso a la información sobre el estado de los recursos naturales y condiciones hidrometeorológicas de todo el país.            | Visor Web Java                        | <a href="http://geoapps.ideam.gov.co:8080/geovisor/index.jsf">http://geoapps.ideam.gov.co:8080/geovisor/index.jsf</a>   | Activo                       |
| Invemar   | El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR es una corporación civil, científica y tecnológica, sin ánimo de lucro, que desde hace más de 30 años estudia los recursos naturales renovables, marinos y costeros.  | Web Mapping<br>ArcGis<br>Server/Java. | <a href="http://siam.invemar.org.co/siam/index.jsp">http://siam.invemar.org.co/siam/index.jsp</a>   | Activo<br>sin<br>información |

Cuadro 2 (Continuación)

| <b>SECTOR INFRAESTRUCTURA:</b>   |  |                                      |   |                    |
|--|--|--------------------------------------|---|--------------------|
| El Comité Sectorial de Infraestructura coordinado por los Ministerios de Transporte y Minas y Energía, trabajarán en conjunto por el manejo eficiente de los recursos tecnológicos, financieros, humanos, legales e institucionales, destinados a la ejecución de los planes, programas y proyectos, que respondan a las estrategias específicas de la Política Nacional de Información Geográfica, a lo dispuesto en los documentos CONPES 3585 y 3762, entre otros, y a los lineamientos que emita la ICDE y a la normatividad nacional existente en temáticas asociadas a información geográfica. |  |                                      |   |                    |
| <b>Servicio Geográfico</b>   | <b>Descripción</b>   | <b>Arquitectura</b>                  | <b>URL</b>  | <b>Estado</b>      |
| SIG ARE  | Sistema de información geográfica para áreas de reglamentación especial  | Web Mapping<br>ArcGis<br>Server/Java | <a href="http://190.24.137.93:88/SI-GARE/visor/visor.jsp">http://190.24.137.93:88/SI-GARE/visor/visor.jsp</a>   | Activo<br>validado |
| Instituto Nacional de Vías - INVIAS  | Garantizar a la sociedad la construcción, mejoramiento y mantenimiento de las vías no concesionadas a cargo de la entidad, contribuyendo así, al desarrollo sostenible y a la integración del país a través de una red eficiente, cómoda y segura. | Web Mapping<br>Google API            | <a href="http://viajeroseguro.invias.gov.co:8181/ViajeroSeguro/">http://viajeroseguro.invias.gov.co:8181/ViajeroSeguro/</a>                                     | Activo             |
| Servicio Geológico Colombiano  | Realizar investigación científica básica para generar conocimiento geocientífico integral del territorio nacional.   | Web Mapping<br>ArcGis<br>Server/Java | <a href="http://www.sgc.gov.co/Geportal/Visor-de-mapas.aspx">http://www.sgc.gov.co/Geportal/Visor-de-mapas.aspx</a>   | Activo             |
| UPME   | La Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, es una Unidad Administrativa Especial del orden Nacional, de carácter técnico, adscrita al Ministerio de Minas y Energía   | Mapas PDF                            | <a href="http://www.simec.gov.co/simec/Mapas/Energ%C3%A9tica/tabid/70/Default.asp">http://www.simec.gov.co/simec/Mapas/Energ%C3%A9tica/tabid/70/Default.asp</a> | Activo             |

Cuadro 2 (Continuación)

| <b>SECTOR SOCIECONOMICO:</b>   |   |                                      |   |               |
|--|---|--------------------------------------|---|---------------|
| El Comité Socioeconómico coordinado por Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, trabajará por el manejo eficiente de los recursos tecnológicos, financieros, humanos, legales e institucionales, destinados a la ejecución de los planes, programas y proyectos, que respondan a las estrategias específicas de la Política Nacional de Información Geográfica, a lo dispuesto en los documentos CONPES 3585 y 3762, entre otros, y a los lineamientos que emita la ICDE y a la normatividad nacional existente en temáticas asociadas a información geográfica. |   |                                      |   |               |
| <b>Servicio Geográfico</b>   | <b>Descripción</b>  | <b>Arquitectura</b>                  | <b>URL</b>  | <b>Estado</b> |
| Ministerio de Educación  | Lograr una EDUCACIÓN DE CALIDAD, que forme mejores seres humanos, ciudadanos con valores éticos, competentes, respetuosos de lo público, que ejercen los derechos humanos, cumplen con sus deberes y conviven en paz. | Web Mapping<br>ArcGis<br>Server/Java | <a href="http://sigeo.mineducacion.gov.co/proyectoSIG_MEN/">http://sigeo.mineducacion.gov.co/proyectoSIG_MEN/</a>         | Activo        |
| Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE.  | El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), es la entidad responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia                | Web Mapping<br>Google Earth          | <a href="https://www.dane.gov.co/geoportala/inicio/-/servicio/">https://www.dane.gov.co/geoportala/inicio/-/servicio/</a> | Activo        |

Cuadro 2 (Continuación)

| <b>SECTOR TERRITORIAL Y FRONTERAS:</b>  |   |   |  |                               |
|---|---|---|--|-------------------------------|
| <p>El Comité Territorial y de Fronteras coordinado por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, IGAC y DNP, trabajarán por el manejo eficiente de los recursos tecnológicos, financieros, humanos, legales e institucionales, destinados a la ejecución de los planes, programas y proyectos, que respondan a las estrategias específicas de la Política Nacional de Información Geográfica, a lo dispuesto en los documentos CONPES 3585 y 3762, entre otros, y a los lineamientos que emita la ICDE y a la normatividad nacional existente en temáticas asociadas a información geográfica</p> |   |   |  |                               |
| <b>Servicio Geográfico</b>  | <b>Descripción</b>  | <b>Arquitectura</b>   | <b>URL</b>   | <b>Estado</b>                 |
| SIR   | Conjunto articulado de instituciones públicas, privadas y sociedad civil organizada, orientada al acopio, almacenamiento y distribución de información requerida para el desarrollo sostenible de la Ecorregión Eje Cafetero. | Software libre con licencias de tipo GNU/GPL. LINUX, PostgreSQL Mapserver | <a href="http://www.sirideec.org.co/">http://www.sirideec.org.co/</a>  | Inactivo                      |
| IDECA   | Conjunto de datos, estándares, políticas, tecnologías y acuerdos institucionales, que de forma integrada y sostenida, facilitan la producción, disponibilidad y acceso a la información geográfica del Distrito Capital.      | Web Mapping ArcGis Server/Java  | <a href="http://www.ideca.gov.co/index.php?q=es/content/cat%C3%A1logo-de-datos-geogr%C3%A1ficos">http://www.ideca.gov.co/index.php?q=es/content/cat%C3%A1logo-de-datos-geogr%C3%A1ficos</a>  | Activo con demora en la carga |
| Infraestructura de Datos Espaciales de Cali - IDESC   | Esfuerzo de la Administración Municipal, que pretende una eficiente gestión de la información geográfica del municipio.   | Servicio WMSWFS   | <a href="http://www.cali.gov.co/plan-eacion/publicaciones/servicios_wms_pub">http://www.cali.gov.co/plan-eacion/publicaciones/servicios_wms_pub</a><br><br><a href="http://www.cali.gov.co/plan-eacion/publicaciones/servicios_wfs_pub">http://www.cali.gov.co/plan-eacion/publicaciones/servicios_wfs_pub</a> | Activo                        |
| SIG Quindío   | Sistema de información geográfica del Quindío.  | Web Mapping ArcGis Server/Java.   | <a href="http://200.21.93.53/sigquindioii/">http://200.21.93.53/sigquindioii/</a>  | Activo                        |

Cuadro 2 (Continuación)

| Servicio Geográfico  | Descripción  | Arquitectura                         | URL   | Estado                |
|--|--|--------------------------------------|---|-----------------------|
| Alcaldía de Medellín   | Fomentar en conjunto con la sociedad el desarrollo humano. Garantizar el acceso a oportunidades y el ejercicio de los derechos fundamentales   | Web Mapping<br>ArcGis<br>Server/Java | <a href="http://www.medellin.gov.co/MapGIS/web/swf/MAPGIS_FLEX.jsp">http://www.medellin.gov.co/MapGIS/web/swf/MAPGIS_FLEX.jsp</a> | Activo                |
| SIATA  | El Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá es el proyecto bandera en gestión del riesgo de la región.  | Web Mapping<br>Google API            | <a href="http://www.siata.gov.co/newpage/index.php">http://www.siata.gov.co/newpage/index.php</a>                                 | Activo                |
| <b>SECTOR DEFENSA Y MARES</b>  |  |                                      |   |                       |
| El Comité Defensa y Mares coordinado por el Ministerio de Defensa Nacional, trabajará por el manejo eficiente de los recursos tecnológicos, financieros, humanos, legales e institucionales, destinados a la ejecución de los planes, programas y proyectos, que respondan a las estrategias específicas de la Política Nacional de Información Geográfica, a lo dispuesto en los documentos CONPES 3585 y 3762. |  |                                      |   |                       |
| Servicio Geográfico  | Descripción  | Arquitectura                         | URL   | Estado                |
| DIMAR  | Autoridad Marítima Nacional que ejecuta la política del gobierno en materia marítima.  | No disponible                        | <a href="http://sig.dimar.mil.co/swami/">http://sig.dimar.mil.co/swami/</a>   | Activo con contraseña |
| SIGPONAL   | Centros de Información Geográfica Estratégica Policial Seccional CIEPS, los Centros de Investigación Criminológica CICRI, Regionales de Inteligencia, grupos operativos como los GAULA, COR, JUNGLA. | No suministrada                      | No disponible al público  | Activo                |

Fuente: Autor (información disponible en internet en Portal Geográfico Nacional<sup>31</sup><https://pgn-icde.maps.arcgis.com/home/> y otros.)

<sup>31</sup>PORTAL GEOGRÁFICO NACIONAL: Integrar en un único portal la información geográfica oficial de Colombia producida por las diferentes entidades del gobierno.

En relación al estado del arte de los sistemas basados en localización (LBS) no son un tema reciente, desde el año 2000 se han realizado esfuerzos en desarrollar sistemas que ayuden en la localización e información relevante de un lugar deseado, de manera inicial con el impulso y determinación de la FCC – *Federal Communication Commission*- en Estados Unidos para la implementación de E911<sup>32</sup>.

Los siguientes son algunas de estas aplicaciones, según su categoría:

- *Location-Based Taxi Service*: Intenta asignar taxis a usuarios móviles, localizando y mostrando en un mapa la trayectoria que haría un objeto que busca a otro en un lugar determinado, como ejemplo esta HERMES<sup>33</sup> y TAPPSI<sup>34</sup>.
- *Bluetooth Location-Based System*<sup>35</sup>: Usado para mantener ubicados a los usuarios en un área específica, por ejemplo un supermercado o museo, de tal forma que al transitar por un área específica se envían mensajes de interés sobre el área al dispositivo móvil.
- Servicio de orientación, navegación y búsqueda: Determina la ubicación de un usuario en un punto A para llevarlo a un punto B de manera óptima,

---

<sup>32</sup>FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION. Enhanced 9-1-1 - Wireless Services. (2001).

<sup>33</sup> PELEKIS, N., FRENTZOS, E., GIATRAKOS, N., AND THEODORIDIS, Y., "HERMES: Aggregative LBS via a Trajectory DB Engine." En: Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. (2008).

<sup>34</sup>TAPPSI. TAPPSI SAS. <https://tappsi.co/>

<sup>35</sup>RASHID, O., COULTON, P., AND EDWARDS. Providing location based information/advertising for existing mobile phone users. En: Personal Ubiquitous Comput. (2008).

involucrando el sentido de los caminos y menores distancias, permite saber la localización del usuario por medio de GPS, Cell-ID y localización por WiFi, como ejemplo se tiene a Google Map<sup>36</sup>, Ovi Maps de Nokia<sup>37</sup> y Google Latitude<sup>38</sup>.

Abordando el aspecto de la normalización geográfica, esta da inicio en la década de 80, los primeros esfuerzos de normalización dentro de la cartografía y la geografía fueron complicados debido a que las organizaciones nacionales e internacionales se preocuparon por formular normas para transferir e intercambiar datos geográficos entre sistemas computarizados y no por estandarizar la producción de datos.

Hacia 1995, el ISO/TC 211, formulaba normas internacionales de datos espaciales y el Consorcio de SIG Abiertos (OGC)<sup>39</sup>, realizaba especificaciones sobre interfaces para computadoras, conformando un grupo coordinador conjunto para aprovechar el desarrollo mutuo y minimizar la duplicación técnica<sup>40</sup>.

El OGC, en su carácter de consorcio industrial:

---

<sup>36</sup> GOOGLE MAPS. Google. <http://maps.google.com>

<sup>37</sup> NOKIA CORP. Maps de Ovi. Nokia. <http://maps.ovi.com/>.

<sup>38</sup> GOOGLE INC. Google Latitude. [http://www.google.com/intl/en\\_us/latitude/intro.html](http://www.google.com/intl/en_us/latitude/intro.html).

<sup>39</sup> The Open Geospatial Consortium (OGC). Standarts and Supporting Documents. <http://www.opengeospatial.org/stardards>

<sup>40</sup>INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - IPGH.Op. cit.p. 14.

- Presenta sus especificaciones a la ISO para su normalización a través del ISO/TC 211.
- Cuenta con un programa de pruebas de conformidad para las especificaciones por ellos formuladas.
- Desarrolla un programa de interoperabilidad para formular especificaciones mediante un software rápido de pruebas.

En este enfoque práctico la industria y sus proveedores generan especificaciones que son el resultado de escenarios de implementación e interoperabilidad y la ISO/TC 211 proporciona un marco general y exhaustivo para la normalización que la industria puede utilizar para incorporar e integrar las especificaciones del OGC.

“En Colombia la entidad oficial encargada de la estandarización es el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. Esta dirige la normalización de información geográfica a través del Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica –CTN 028a partir de la adopción de Estándares del Comité Técnico ISO/TC 211”<sup>41</sup>.

Desde el año 2007 el CTN 028 trabaja en la actualización de normas para la estandarización de la Información Geográfica, el año 2013, se presentaron a proyecto de norma los documentos “Levantamientos Topográficos y Guía de Implementación Interfaz de Servidor Web de Mapas – WMS” y los estándares:

---

<sup>41</sup> COMITÉ TECNICO DE NORMALIZACION DE INFORMACION GEOGRAFICA - CTN 028. Op cit. [www.icde.org.co/web/ctn028](http://www.icde.org.co/web/ctn028)

- NTC 4611-Metadatos geográficos segunda actualización
- NTC 5043-Conceptos Básicos de Calidad
- NTC 5660-Evaluación de calidad, procesos y medidas
- NTC 5661-Metodología para catalogación de objetos geográficos
- NTC 5662-Especificaciones técnicas de productos geográficos
- NTC 5204-Precisión de Redes Geodésicas
- NTC 5205-Precisión de Datos Espaciales

Por último, según BOSQUE SENDRA<sup>42</sup> y BUZAI<sup>43</sup> estamos en el período de la *Geografía Global* y con ello en un momento en el cual desde diferentes sectores se están generando campos de estudios transdisciplinarios en los cuales el espacio geográfico toma el lugar de dimensión central y de esta manera la aparición de nuevas tecnologías geoespaciales tipo servidores de mapas como Google Maps<sup>44</sup>, MapServer<sup>45</sup>, GeoServer<sup>46</sup> y de manera más reciente y gracias al creciente interés por software libre, incursiona OpenGeo Suite<sup>47</sup>, como Infraestructura de datos espaciales (IDEs), expresada en “servicios” como patrón de diseño, y su integración con Bases de datos con extensiones Geoespaciales como PostGIS<sup>48</sup> y lenguajes de programación para la web, permitiendo a los SIG

---

<sup>42</sup>BOSQUE SENDRA, J. Espacio Geográfico y Ciencias Sociales. Investigaciones Regionales. 2004. p. 3.

<sup>43</sup> BUZAI, Gustavo. Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Evolución teórico-metodológica hacia campos emergentes. Revista Geográfica de América Central. Número Especial XIII No 1. 2012. p. 37.

<sup>44</sup>GOOGLE MAP. Google Corporation. <https://www.google.com/maps/about/>

<sup>45</sup>MAPSERVER. Versión 6.4.1. <http://mapserver.org/about.html>

<sup>46</sup>GEOSERVER. Open Source Geospatial Foundation. Versión 2.6.0.<http://geoserver.org/>

<sup>47</sup>OPENGEO SUITE. Boundless. Versión 4.1.1. <http://boundlessgeo.com/solutions/opengeo-suite/>

<sup>48</sup>POSTGIS. OSGEO. Versión. 2.0 <http://postgis.net/>

tener la utilidad para enseñar y aprender conceptos geográficos, producir conocimientos científicos y resolver problemas espaciales.

## 6. MARCO REFERENCIAL

### 6.1 MARCO TEORICO

Se presentan a continuación los fundamentos conceptuales, tecnológicos y metodológicos, que guían la presente investigación.

#### 6.1.1 Los SIG en la sociedad y en la solución de problemáticas sociales

En la era actual, las relaciones sociales y los problemas sociales que surgen, se manifiestan a escala global y dependen de grandes flujos de información. Por lo que presentan una alta complejidad, las tecnologías de la comunicación, permiten una interconexión social amplia e inmediata. En este sentido, es importante, que a la hora de entender los comportamientos espaciales de los hechos y fenómenos sociales, se asuman estrategias y se empleen herramientas que permitan ese manejo complejo y sistémico de la información referida a estos fenómenos, y que sobre todo permitan interrelacionarlos en sus diferencias y cualidades, teniendo en cuenta su comportamiento espacial y temporal.

La incorporación de los SIG en las ciencias sociales planteada por GOODCHILD<sup>49</sup>, se evidencia en los conceptos y métodos espaciales basados en SIG que se proyectan hacia el campo de las ciencias sociales, siendo importante interpretar

---

<sup>49</sup>GOODCHILD M. The use cases of digital earth. International Journal of Digital Earth. Vol.1, No. 1, p. 37.

patrones y comprender los comportamientos espaciales asociados a temas sociales; [como lo es la toma de decisiones y la formulación de estrategias de solución para problemas asociados al inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa]; y como elemento fundamental la visualización de la información<sup>50</sup>.

Los SIG presentan nuevas tendencias y características, una de las cuales es la disposición de datos basada en Internet, (los SIG Web expresados en servicios), dichas características hacen posible la inclusión de componentes Web en los SIG, dónde la mayoría de operaciones pueden ser realiza a través de un navegador LIU<sup>51</sup>; siendo cada vez más accesibles por usuarios no expertos, gracias a la implementación de infraestructuras tecnológicas SIG Web como patrón de diseño.

En resumen, los SIG representan el siguiente eslabón en el estudio y comprensión en el área de las ciencias sociales, ya que, como plantean KNIGGE Y COPE<sup>52</sup>, estos sistemas pueden ser útiles para la visualización de datos espaciales y de otros tipos, pero lo más importante, permite el análisis interpretativo para comprender y explicar los procesos y generar teoría a partir de datos del inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa en la Área Metropolitana Centro Occidente de Risaralda, municipios de Pereira y Dosquebradas.

---

<sup>50</sup>LOGAN JR; ZHANG W, and XU H. (2010).Applying spatial thinking in social science research. En: GeoJournal Vol. 1, No. 75 (feb., 2010). p. 15-27. Berlín (Germany): Springer.

<sup>51</sup> LIU CHUANJIN. On building public service-oriented G-WEB GIS, En: 2010 The 2<sup>nd</sup> International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (2010). Vol. 2, p. 719-722.

<sup>52</sup>KNIGGE, L. and COPE, M. Grounded visualization and scale: a recursive examination of community spaces. En: COPE, M., and ELWOOD, S. (eds) Qualitative GIS: a mixed methods approach. (2009). p. 95-114.

### 6.1.2 Sistemas de información geográficos (SIG o G/S).

Los sistemas de información geográfica han significado una verdadera revolución teórica, conceptual y práctica en el manejo y análisis de la información geográfica, como teoría son múltiples los autores que lo han abordado, pero se ha generalizado que los SIG son ante todo herramientas de ayuda en la resolución de problemas.

En el contexto del presente proyecto de investigación, la implementación de una infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño, se constituyen tal como lo indica el IGAC en “un conjunto de métodos, herramientas y actividades que actúan coordinada y sistemáticamente para recolectar, almacenar, validar, actualizar, manipular, integrar, analizar, extraer, y desplegar información, tanto gráfica como descriptiva de los elementos considerados, con el fin de satisfacer múltiples propósitos”<sup>53</sup>, que permiten resolver problemas complejos de planificación y gestión, utilizando una gama de métodos de consulta y análisis, así como funciones de visualización de los datos geográficos, por lo que son tecnologías “que proveen funcionalidades de almacenamiento, visualización y consulta de información espacial, orientados principalmente a la gestión”<sup>54</sup> con capacidades para analizar, predecir, diseñar, monitorear y hacer seguimiento, acciones que involucran la generación de escenarios y la evaluación de alternativas en temas particulares, enmarcadas por el software libre y Open Source.

---

<sup>53</sup>INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI -IGAC. Conceptos básicos sobre sistemas de información Geográfica y aplicaciones en Latinoamérica (2005).

<sup>54</sup>GOODCHILD, Op. cit., p. 32-36.

### 6.1.3 Sistemas de información geográficos y el software de código Abierto/Libre

Existe en la actualidad gran cantidad de software que cuenta con funcionalidades SIG, entre los cuales hay tres grandes tendencias, el software libre, el software Open Source<sup>55</sup> y el software propietario. Según la Free Software Foundation<sup>56</sup>, el software libre se refiere a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software otorgando cuatro libertades: uso para cualquier propósito, acceso y adaptación del código fuente, distribución de copias y modificación y publicación de mejoras al código fuente.

Esta masiva aparición de software con funcionalidades SIG reforzadase intensificada, por la aparición de Interfaces de Programación de Aplicaciones Abiertas (OAPI) proporcionadas por Google, Microsoft y Yahoo, con el problema del no seguimiento de los estándares internacionales para el desarrollo de software geográfico<sup>57</sup>, provoco la formación de la Fundación para el Código Abierto Geoespacial - *Open Source Geospatial Foundation* (OSgeo)<sup>58</sup>, con el objetivo de garantizar la adopción de las especificaciones del OGC<sup>59</sup> y de las normas ISO/TC 211, para integrar, adelantar y acortar el tiempo necesario para desarrollar software SIG y las infraestructuras de datos espaciales (IDEs).

---

<sup>55</sup>OPEN SOURCE INITIATIVE – OSI. The open source definicion. <http://www.opensource.org/docs/osd>

<sup>56</sup>FREE SOFTWARE FOUNDATION. Philosophy of the GNU Project. Boston (MA, USA).

<sup>57</sup>INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - IPGH. Op. cit. p. 17

<sup>58</sup>OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION - (OSgeo). Fundación para el código abierto geoespacial. <http://www.osgeo.org/>

<sup>59</sup>OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM - (OGC). <http://www.opengeospatial.org/>.

Por lo tanto la implementación de la infraestructura tecnológica SIG, el desarrollo de una AppWeb GIS y la integración entre ellas, adopta los servicios y estándares definidos por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica – CTN 028 a partir de la adopción de Estándares del Comité Técnico ISO/TC 211 y en últimas los propuestos por el Open Geospatial Consortium (OGC).

#### 6.1.4 Los servicios web geográficos o Geoservicios

Al respecto la ICDE, expresa “Los servicios Web geográficos (geoservicios) son especialización de servicios Web, como tal, son aquellos protocolos y estándares que definen las reglas de transmisión de información geográfica, de manera que se puedan compartir, difundir y utilizar de manera interoperable en distintas plataformas tecnológicas”<sup>60</sup>

Un servidor de web geográfico funciona bajo el protocolo HTTP (Un servidor de mapas es, de hecho, un SIG a través de internet), enviando a petición del cliente, desde su navegador de internet, una serie de páginas HTML, con una cartografía asociada en formato de imagen GIF, TIFF o JPG.

En el contexto de esta investigación, aportan interoperabilidad entre el desarrollo de una AppWeb GIS utilizando LBS, independientemente de sus propiedades y de las sistemas operativos sobre las que se instalen, haciendo más fácil acceder a su contenido y entender su funcionamiento, además de permitir que servicios y

---

<sup>60</sup> INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA DE DATOS ESPACIALES. Wiki: Geoservicios. [http://www.icde.org.co/web/guest/wiki/-/wiki/Wiki de la ICDE/Geoservicios](http://www.icde.org.co/web/guest/wiki/-/wiki/Wiki%20de%20la%20ICDE/Geoservicios)

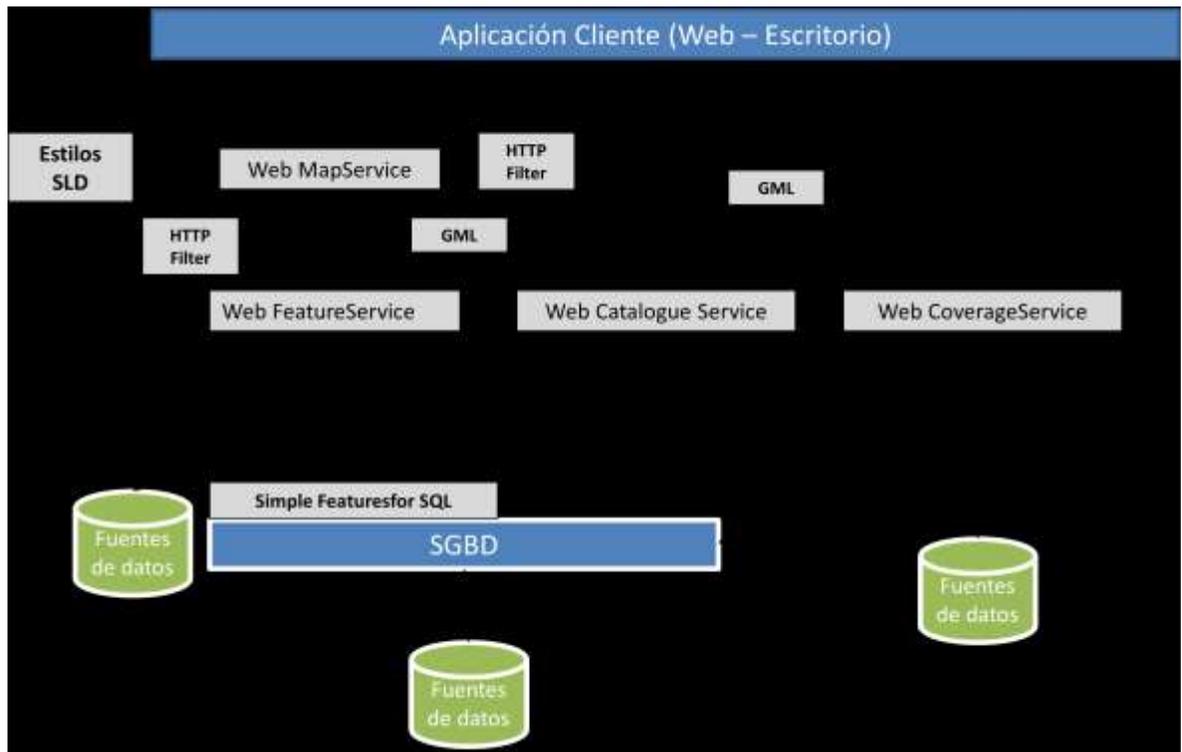
software de diferentes fuentes sean combinados para proveer servicios integrados.

#### 6.1.5 Servicios y estándares como patrón de diseño

Como se menciona en el planteamiento del problema, el uso y aplicación de estándares garantiza y facilita el intercambio de información geográfica en beneficio de los usuarios, por lo tanto en la caracterización y selección de la infraestructura tecnológica para la implementación de *geographic information system* (GIS) expresada en servicios como patrón de diseño, las herramientas de desarrollo SIG, el desarrollo de la AppWeb GIS y su componente LBS (*Location Based Services*), adopta los servicios y estándares definidos por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica –CTN 028 a partir de la adopción de Estándares del Comité Técnico ISO/TC 211 y en últimas los propuestos por el Open Geospatial Consortium (OGC).

Los servicios y estándares empleados en el desarrollo de la investigación se resumen en la figura 2.

Figura 2. Servicios y Estándares OGC.



Fuente: Autor, adaptación del Open Source Geospatial Foundation.

- Geographic Markup Language (GML)<sup>61</sup> – Lenguaje de etiquetas geográficas.
- Web Feature Service (WFS)<sup>62</sup> – Servicio de Características Web.
- Web Map Service (WMS)<sup>63</sup> – Servicio de Mapas Web.
- Web Map Context (WMC)<sup>64</sup> – Contexto de Mapas Web.

<sup>61</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Geographic Markup Language. <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>

<sup>62</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Feature Service. [https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=7174](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=7174)

<sup>63</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Map Service. <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>

<sup>64</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Map Context. <http://www.opengeospatial.org/standards/wmc>

- Web Coverage Service (WCS)<sup>65</sup> – Servicio de Cobertura Web.
- Simple Features for SQL (SFS)<sup>66</sup>
- Styled Layer Descriptor (SLD)<sup>67</sup>
- Filter Encoding<sup>68</sup>

En este proyecto el uso de estos estándares y servicios son fundamentales a la hora de representar, consultar, visualizar información geográfica, además de ofrecer funcionalidades accesibles vía Internet con un navegador o browser, sin necesidad de disponer de otro software específico.

#### 6.1.6 Infraestructura de datos espaciales (IDE).

En la práctica, implementar y adaptar una infraestructura tecnológica expresada en servicios, como soporte al inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa , es la implementación de una infraestructura de datos espaciales (IDE) , la materialización de esta infraestructura se traduce en ofrecer servicios de:

---

<sup>65</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Coverage Service. <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>

<sup>66</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Simple Feature for SQL. [https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=25354](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25354)

<sup>67</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Styled Layer Descriptor. [https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=25364](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25364)

<sup>68</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Filter Encoding. <http://www.opengeospatial.org/standards/filter>

- Visualización (que permita la visualización de los datos a través de servicios web)
- Consulta (que posibilite la búsqueda y consulta de conjuntos de datos y servicios a través del contenido de sus metadatos)
- Localización (que permita la localización en un mapa a través de un nombre geográfico).
- Integración (que facilite la integración con desarrollos de software previos o futuros)

Atraves de los componentes que conforman una IDE

- Datos
- Metadatos
- Estándares
- Servicios
- Software IDE

#### 6.1.7 Servicios basados en localización – *Location Based Service* (LBS)

Los LBS (*Location Based Services*), son servicios que se adquieren junto a un dispositivo móvil sumado a una aplicación que ofrece información según la localización actual del dispositivo, es decir es la suma de una tecnología de sistemas de información geográfica, una de posicionamiento y una integradora de telecomunicaciones.

La utilización de esta teoría es fundamental en el desarrollo de la AppWeb GIS utilizando LBS (Location Based Services), y su integración con la infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios, ya que actúa como una arquitectura tipo *middleware*, que proporcionara información sobre la localización del fenómeno o evento a georeferenciar directamente sobre teléfonos celulares gracias a la tecnología GPS, GPRS que estos incorporan o en su defecto mediante tecnología WiFi. Esta localización es almacenada en la base de datos como una coordenada geográfica o decimal en formato (Latitud/Longitud), en un atributo geométrico.

#### 6.1.8 Bases de datos geográficas y el modelo georrelacional.

Las bases de datos geográficas o extensiones geográficas de BD, añade soporte de objetos geográficos a la base de datos, convirtiéndola en una base de datos geográfica o espacial, la combinación entre la BD y la extensión es una solución perfecta para el almacenamiento, gestión y mantenimiento de datos espaciales con posibilidad de utilización en Sistema de Información Geográfica e infraestructuras de datos espaciales.

En el contexto de la investigación permite insertar, actualizar y borrar elementos en un mapa, mediante el servicio WFS-T (WFS-Transaccional), por ejemplo en la aplicación AppWeb GIS permite editar, crear y eliminar la ubicación geográfica de un fenómeno de remoción en masa, y guardar esta información en la base de datos geográfica.

La capacidad transaccional de la bases de datos permite colaboraciones con el servidor de mapas a través de internet. Los usuarios no necesitan permisos para

acceder a la misma base de datos espacial, solamente necesitan usar el servicio/estándar WFS-T que implementa el servidor de mapas.

Pero la principal funcionalidad del modelo georelacional de una base de geográfica es la de ejecutar una consulta SQL y como respuesta obtener entidades espaciales. Para ello se enlaza la base de datos espacial (mapa vectorial) con la base de datos temática (tablas) mediante una columna en una de las tablas de la base de datos que contenga los mismos atributos que las entidades en la GeoDataBase.

Como resultado de la consulta se obtienen objetos espaciales (líneas, polígonos, poli líneas o puntos en el caso de los fenómenos de remoción en masa) en forma de mapas asignándose diferentes colores a los campo, atributo o variables que cumplen una condición

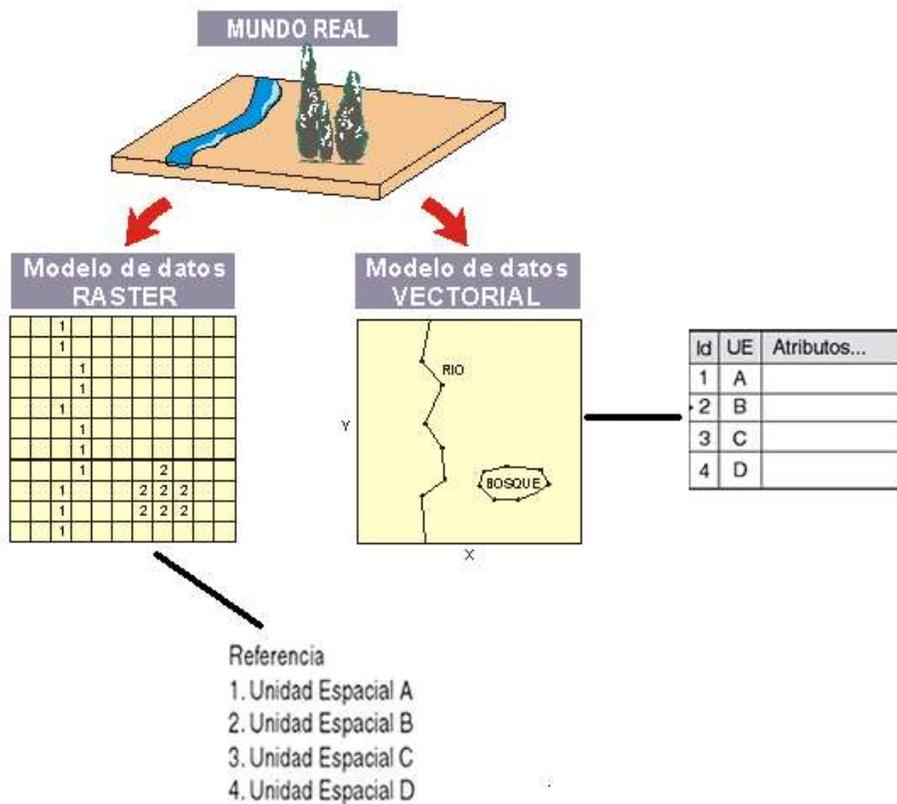
#### 6.1.9 Representación espacial de la información.

Para representar la información obtenida de datos espaciales, este proyecto de investigación recurre a los 2 modelos de datos más utilizados para visualizar unidades espaciales (figura 3), estos son:

El modelo *raster* que divide el espacio geográfico mediante una matriz cuadrículada en dónde cada celda contiene información correspondiente a la característica dominante, cada una de ellas representa un único valor, cada celda es una localización.

El modelo *vectorial* organiza los datos geográficos en base a la perspectiva de bases de datos relacionadas y a partir de esto permite trabajar digitalmente utilizando las tres entidades gráficas que se usan para la confección de mapas: puntos, líneas y polígonos<sup>69</sup>.

Figura 3. Modelos Raster y Vectorial



Fuente: Autor

<sup>69</sup> BUZAI, Gustavo. Op. cit. p. 25 y 26

La creación de consultas personalizadas se harán en dos sentidos: desde la base de datos alfanumérica hacia la cartografía o a la inversa en lo que se denominan consultas espaciales, en ambos casos utilizando el modelo vectorial.

#### 6.1.10 Patrón de diseño Model-View-Controller (MVC)

Los patrones de diseño se han convertido en la actualidad en la base para la búsqueda de soluciones a problemas comunes en el desarrollo de software y otros ámbitos referentes al diseño de interacción o interfaces, ofreciendo solución al problema de diseño de manera efectiva y con posibilidad de reutilización.

Uno de los patrones de diseño más utilizados es el modelo/vista/controlador (MVC) este es un patrón de diseño muy útil para el desarrollo de aplicaciones web, que separa la información, la presentación de esa información y el estado de la aplicación, por este motivo, es el patrón de diseño que utilizan los desarrolladores de infraestructuras de datos espaciales y diversas tecnologías SIG, por lo tanto la caracterización e implementación de la infraestructura tecnológica SIG como el desarrollo de la WebApp GIS recurre a este patrón de diseño.

#### 6.1.11 La ingeniería de software en el proceso de desarrollo de un SIG

Muchos autores han teorizado sobre la ingeniería de software, al respecto la IEEE<sup>70</sup> ha elaborado una definición más comprensible al establecer la ingeniería de

---

<sup>70</sup>IEEE. Standard Glossary of Software Engineering Terminology 610.12-1990. En: IEEE Standards Software Engineering. <http://standards.ieee.org/findstds/standard/610.12-1990.html> - <http://soft.vub.ac.be/FFSE/SE-contents.html>

software como “la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación (funcionamiento) y mantenimiento del software; es decir, la aplicación de Ingeniería al software”, está actualmente juega un papel fundamental en la construcción de sistemas de información incluyendo, los SIG, debido a que permite construir aplicaciones más cercanas a los reales requerimientos de los usuarios, acelera el desarrollo de proyectos SIG, permite la reutilización de componentes de software y brinda mecanismos de control durante el proceso de desarrollo<sup>71</sup>.

El desarrollo y posterior implementación de un SIG es una tarea progresiva, compleja, laboriosa y continúa, las fases tempranas de la ingeniería de software como planeación y análisis de un SIG son similares a los que se deben realizar para realizar cualquier otro sistema de información; pero en los SIG, además, hay que considerar las especiales características de los datos que utiliza y sus correspondientes procesos de actualización.

En el marco de este proyecto la ingeniería de software es la disciplina o área de la informática o ciencia de la computación, que ofrece conocimientos, técnicas y métodos para llevarlo a cabo a través de las fases típicas de un proyecto de desarrollo e implementación de software (definición, análisis, diseño, codificación, pruebas, mantenimiento, transversalizado por la calidad) y mediante el seguimiento de métodos o procesos de desarrollo, según GÓMEZ Y QUIROGA<sup>72</sup>, los que más se ajustan al proceso particular de desarrollo de

---

<sup>71</sup>GÓMEZ GÓMEZ, Jorge. QUIROGA ARCINIEGAS Vanessa. Sistemas de información geográfica. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. P. 90

<sup>72</sup> Ibid., p.92.

proyectos SIG son: Evolutivos tipo espiral o de cuarta generación como Proceso Unificado(UP)<sup>73</sup>.

En este sentido el IGAC, propone la metodología de desarrollo de software – MDS IGAC<sup>74</sup>, la cual está enmarcada por el UP, este a su vez dirigido por casos de uso centrado en la arquitectura y las llamadas metodologías ágiles, y esta a su vez se apoyan en el lenguaje de modelado unificado (UML)<sup>75</sup> como herramienta de modelado para especificar, construir, visualizar y documentar los artefactos del sistema de información a desarrollar, el UP establece cuatro fases fundamentales: Análisis/viabilidad, Diseño, Desarrollo/construcción e Implementación/Lanzamiento y soporte, que serán en últimas las fases que se siguen para el desarrollo metodológico de la presente investigación.

#### 6.1.11.1 Desarrollo de Software - Codificación

Fase de la ingeniería de software dónde se concreta la fase de diseño, se traduce el diseño a código, según HUMPHREY<sup>76</sup> es “la implementación del diseño compilación, corrección de los errores y registro de los errores encontrados”, es la parte más obvia del trabajo de ingeniería de software y la primera en que se obtienen resultados “tangibles”. No necesariamente es la etapa más larga ni la

---

<sup>73</sup>JACOBSON, Ivar; BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Pearson Addison-Wesley. p 4.

<sup>74</sup> IGAC. Metodología de desarrollo de Software. <http://geoservice.igac.gov.co/mds/igac/>

<sup>75</sup> OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). Introduction to OMG's Unified Modeling Language (UML). Versión 2, Julio de 2005. [http://www.omg.org/gettingstarted/what\\_is\\_uml.htm](http://www.omg.org/gettingstarted/what_is_uml.htm)

<sup>76</sup> HUMPHREY, W. PSP: a self-improvement process for software engineers. The SEI series in software engineering. (2005). p. 18.

más compleja aunque una especificación o diseño incompletos/ambiguos pueden exigir que, tareas propias de las etapas anteriores se tengan que realizarse en esta.

En la presente investigación se recurre a diversas herramientas y metodologías de desarrollo y programación, tal como el desarrollo orientado a objetos, modelos cliente servidor, arquitecturas de bases de datos, de redes, lenguajes hipertextuales y de dispositivos móviles.

## 6.2 MARCO CONCEPTUAL

Se presentan a continuación las definiciones y conceptos sobre los temas centrales que estructuran el desarrollo de la investigación.

### 6.2.1 Sistemas de información geográficos.

Un SIG o software de tratamiento de datos geográficos es una herramienta que obtiene información de diversas fuente de datos (Bases de datos, archivos, ortofotos, etc) y los transforma para poder ser visualizados y analizados gráficamente, esta transformación puede generar un mapa, una imagen, una tabla con información de un punto, línea, región geográfica, "... de forma general, están compuestos por un conjunto de metodologías, procedimientos y programas informáticos especialmente diseñados para manejar información geográfica y datos temáticos asociados de tal manera que sirva como información base para la

toma de decisiones”<sup>77</sup>, ECHEVARRIA E.<sup>78</sup> en su tesis doctoral, indica “... de hecho, los SIG son el paso adelante más importante desde la invención del mapa en cuanto al manejo de datos espaciales”.

Estas herramientas se pueden clasificar según su alcance en diferentes tipos, una herramienta puede pertenecer a varios de estos tipos. Esta clasificación se puede ver en la figura 4.

Figura 4. Tecnologías Geoespaciales



Fuente: Autor (imágenes tomadas de cada sitio)

<sup>77</sup>IGAC. Los sistemas de información en el IGAC. En: Gestión de la información como aporte al desarrollo de Colombia. Grupo SIG. Oficina CIAF.

<sup>78</sup> ECHEVARRIA. E. El Campus universitario de Alcalá de Henares: Análisis y Evolución. p 308.

## 6.2.2 La OGC y los estándares abiertos.

La OGC<sup>79</sup> como consorcio de la industria geoespacial participan en el desarrollo, pruebas y la documentación de estándares de código abierto, protocolos y servicios que apoyan el intercambio interoperable de información geoespacial. Los tres principales estándares OGC, Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS) y servicio de cobertura Web (WCS) se utilizan para la visualización, el acceso y la edición de contenido geoespacial, estos tres servicios se utilizan para visualizar la información espacial, pero varían en función de sus entradas, salidas, y la funcionalidad del lado del cliente (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de los servicios web OGC más populares

| <b>Servicio/Estándar</b>  | <b>Entradas</b>   | <b>Salidas</b>   | <b>Funcionalidades Cliente</b>   |
|---------------------------|---|--|----------------------------------|
| Web Map Service (WMS)     | Mapa (creado a partir de vectores y bases de datos de mapa de bits) | Imagen: PNG, GIF, JPEG o SVG   | Solicitud                        |
| Web Feature Service (WFS) | Vector datasets (puntos, líneas, polígonos)                         | Codificación XML para transporte y manipulación de información geográfica (o GML - Geography Markup Language) incluye datos espaciales y los metadatos de la información | Solicitud, consultar y manipular |

<sup>79</sup>OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM - (OGC). <http://www.opengeospatial.org/>.

Tabla 1 (Continuación)

| Servicio/Estándar          | Entradas  | Salidas   | Funcionalidades Cliente |
|----------------------------|---|---|-------------------------|
| Web Coverage Service (WCS) | Mapas Raster y datasets (basada en píxeles o características delimitadas en el espacio) | Imágenes binarias codificadas (GeoTIFF, NetCDF, etc.) y los metadatos | Solicitud y consulta    |

Fuente: Autor

Se puede resumir que existen tres organizaciones internacionales que confluyen en el término software Libre y código abierto, redefiniéndolo como FOSS (Free and Open Source Software), las tres organizaciones con los proyectos:

- OGC crea estándares técnicos para la interoperabilidad de software geomático.
- OSGeo crea software libre para la geomática (usando estándares OGC)
- OSM crea mapas (usando software libre de OSGeo)

### 6.2.3 Los servicios web geográficos o Geoservicios

- Geographic Markup Language (GML)<sup>80</sup>.

Lenguaje de marcado geográfico - Geography Markup Language (GML) es una codificación XML para el transporte y el almacenamiento de información geográfica, incluyendo las propiedades tanto espaciales como no espaciales de los

<sup>80</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Geographic Markup Language. <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>

elementos geográficos. En términos generales, un documento GML es un tipo de documento XML que representa información geográfica.

- Web Feature Service (WFS)<sup>81</sup>.

Servicios de características Web - Web Feature Service (WFS) permite a un cliente acceder de manera uniforme a los elementos geográficos, codificados en GML, almacenados en un servidor desde diferentes servicios web. Esta especificación define interfaces para operaciones de acceso y manipulación de información de entidades geográficas, a través del protocolo HTTP.

- Web Map Service (WMS)<sup>82</sup>.

Servicio de Mapas Web - Web Map Service (WMS) este estándar define un mapa como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital conveniente para la visualización en una pantalla, los mapas producidos por WMS se generan en formato de imagen como PNG, GIF, JPEG o SVG.

- Web Map Context (WMC)<sup>83</sup>

Contexto de Mapas Web – Web Map Context (WMC), especifica como servidores de mapas individuales describen y proveen el contenido de sus mapas procedentes de uno o más servidores de mapas en una plataforma portable e

---

<sup>81</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Feature Service. [https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=7174](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=7174)

<sup>82</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Map Service. <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>

<sup>83</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Map Context. <http://www.opengeospatial.org/standards/wmc>

independiente del formato para almacenarla en un repositorio o para transmisión entre clientes.

- Web Coverage Service (WCS)<sup>84</sup>

Servicio de Cobertura Web – Web Coverage Service (WCS), específica como servidores de mapas proporciona una interfaz que permite realizar peticiones de cobertura geográfica a través de la web utilizando llamadas independientes de la plataforma, las coberturas son objetos (o imágenes) en un área geográfica.

- Simple Features for SQL (SFS)<sup>85</sup>

Características Simples para SQL - Simple Features for SQL(SFS) define una extensión de SQL para consultar información geográfica, define tanto tipos de datos como predicados y operaciones espaciales.

- Styled Layer Descriptor (SLD)<sup>86</sup>

Descriptor de Estilos de Capa - Styled Layer Descriptor (SLD), define un lenguaje XML para representar la definición de estilos de visualización en capas y origen de los datos y apariencia gráfica de los estilos, se aplica al Web Map Service, mostrando su capacidad para producir mapas mas allá que simplemente el acceso a datos específicos.

- Filter Encoding<sup>87</sup>

---

<sup>84</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Coverage Service. <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>

<sup>85</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Simple Feature for SQL. [https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=25354](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25354)

<sup>86</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Styled Layer Descriptor. [https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=25364](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25364)

La especificación Filter Encoding define un lenguaje XML para definir filtros de Consultas (Operaciones del WFS, Peticiones a catálogos.), este estándar define un conjunto de operadores espaciales y alfanuméricos y un lenguaje XML para representarlo, los filtros se utilizan en las reglas de los archivos de estilos SLD para obtener un subconjunto de objetos que se visualizaran y discriminar que estilos se aplicaran a que objetos.

#### 6.2.4 Infraestructura de datos espaciales (IDE).

La definición oficial de la IDE es:

Una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) es un sistema informático integrado por un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, aplicaciones, páginas web,...) que permite el acceso y la gestión de conjuntos de datos y servicios geográficos (descritos a través de sus metadatos), disponibles en Internet, que cumple una serie normas, estándares y especificaciones que regulan y garantizan la interoperabilidad de la información geográfica.<sup>88</sup>

La infraestructura de datos de España (IDDE<sup>89</sup>), la define como:

“... un sistema informático integrado por:

---

<sup>87</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Filter Encoding. <http://www.opengeospatial.org/standards/filter>

<sup>88</sup> INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE ESPAÑA – IDDE. Consejo superior geográfico: Introducción a las IDE. <http://www.idde.es/web/guest/introduccion-a-las-ide>

<sup>89</sup> INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE ESPAÑA – IDDE. Op. Cit.

- Un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, datos, aplicaciones, páginas Web,...)
- Dedicados a gestionar Información Geográfica (mapas, ortofotos, imágenes de satélite, topónimos,...),
- Esos recursos están disponibles en Internet, y cumplen una serie de condiciones de interoperabilidad (normas, especificaciones, protocolos, interfaces,...)
- Los recursos permiten que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda utilizarlos y combinarlos según sus necesidades”

Como característica fundamental presenta una Arquitectura Orientada en servicios o expresada servicios (SOA) tipo cliente/servidor, que presta servicios web geográficos o Geoservicios.

#### 6.2.5 Servicios basados en localización – *Location Based Service* (LBS)

JOOST KOPPERS, indica “Estos servicios son un conjunto de herramientas que proporcionan servicios personalizados con ayuda de la localización geografía del usuario o algún otro objeto. Los servicios basados en localización proporcionan información precisa sobre la localización, mediante dispositivos móviles como teléfonos celulares, GPS o RFID.

Actualmente existen una gran variedad de tecnologías al servicio del posicionamiento geoespacial. Muchas de ellas hacen parte de redes celulares y/o satélites y otras se basan en posicionamiento por radio. Las primeras utilizan la red y el dispositivo móvil en sí. Las otras son conocidas como redes inalámbricas

como son las tecnologías de *Bluetooth*, *Wi-Fi*, *Wi-Max*, *infrarrojos* o *banda Ultra-Ancha*<sup>90</sup>.

#### 6.2.6 Tecnologías de posicionamiento.

Lo primero que debe hacer un Servicio Basado en Localización es encontrar la posición del usuario o del dispositivo. MARTÍNEZ G & URÍOS DE LAS HERAS, indican

... en respuesta al problema de localización se han desarrollado tecnologías como las que usan los GPS (Global Positioning System), los sistemas basados en RFID (Radio Frequency *Identification*) o técnicas de localización basadas telefonía celular [con información provista por proveedores de servicios, WIFI, y combinación de ellas] y de manera más reciente las tecnologías híbridas.

Un ejemplo es el GPS asistido (A-GPS), se basa en que si el operadoreemplaza sus estaciones base (siempre en una posición fija) con línea de visión de los satélites GPS y las provee un receptor GPS, puede ser la propia red la que proporcione al terminal información de efemérides, satélites en vista y estimaciones más precisas de los rangos de fase o Doppler de tal forma que se mejore la realización de la localización.<sup>91</sup>

---

<sup>90</sup> JOOST KOPPERS. Op, Cit p. 20.

<sup>91</sup> MARTÍNEZ GENS & URÍOS DE LAS HERAS, M., Tecnologías de Localización y Posicionamiento para Servicios Basados en Localización (LBS). En: Bit. Colegio oficial de Ingenieros de España. Ed. 154. p. 68 (ene-dic 2006). <http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit154/68-70.pdf>

En este sentido RASHID, O., COULTON, P., & EDWARDS indican:

Para dispositivos móviles tipo smart phone el uso de GPS no es práctico debido a que los móviles deben estar equipados con sistemas GPS dentro del equipo, su más grande ventaja es proporcionar la posición con gran precisión y estar disponible en todo el planeta, pero tiene limitaciones en ambientes urbanos debido al fenómeno llamado *urban canyon* que impide a los satélites ubicar al dispositivo GPS<sup>92</sup>.

Un ejemplo de este fenómeno puede observarse al usar el dispositivo dentro de un edificio de varios pisos.

Las técnicas de localización que pueden usarse para determinar la ubicación de un teléfono celular sin necesidad de un GPS u otro dispositivo extra, haciendo uso de los datos del proveedor de servicios de telefonía son:

“COO (*Cell of Origin*): Encontrar el ID de la celda dónde se encuentra conectado un dispositivo móvil, cuya información puede orientar sobre la zona dónde se encuentra el usuario, la cual varía según la zona urbana (entre 2 km y 20km).

ToA (*Time of Arrival*): Es el tiempo que tarda en llegar la señal de una torre al dispositivo móvil. Para obtener su posición se necesitan al menos 3 torres para hacer una triangulación.

---

<sup>92</sup>RASHID, O., COULTON, P., & EDWARDS. Providing location based information/advertising for existing mobile phone users. En: Personal Ubiquitous Comput. (2008). <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-006-0121-4>.

AoA (*Angle of Arrival*): Mide el ángulo de arribo de 2 estaciones para determinar el cruce y así saber la localización del dispositivo móvil.”<sup>93</sup>

Adicionalmente existe la localización por medio de redes inalámbricas (WiFi) intenta obtener la ubicación del usuario por medio de triangulación o búsqueda en bases de datos de las direcciones IP de la red para intentar una aproximación.

### 6.2.7 Bases de datos geográficas y el modelo georelacional

EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DE ESPAÑA<sup>94</sup>, establece que una base de datos geográfica, también conocidas como bases de datos espaciales, son una base de datos con extensiones para el almacenamiento, consulta y manipulación de información geográfica y datos espaciales.

Las *Geodatabases* relacionan datos en el espacio, incluyendo puntos, líneas y polígonos, a esta base de datos accede un servidor de información geográfica para almacenar, modificar, obtener y ofrecer datos solicitados por las aplicaciones cliente, ejemplos de bases de datos geográficas son PostgreSQL con la extensión PostGIS, Oracle con la extensión Oracle Spatial e IBM DB2 con la extensión Spatial.

---

<sup>93</sup> CASTAÑEDA, H., GÓMEZ, J. & LEA, A., Proveedor de Servicios Basados en Localización para Dispositivos Móviles. Universidad Nacional de Colombia. (junio de 2006). [http://pisis.unalmed.edu.co/avances/archivos/ediciones/2006/castaneda\\_et al06.pdf](http://pisis.unalmed.edu.co/avances/archivos/ediciones/2006/castaneda_et al06.pdf)

<sup>94</sup> INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DE ESPAÑA. Cartografía y bases geográficas. <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesBDGintro.do>

En cuanto a las bases de datos relacionales y el modelo georelacional, SARRIA. F<sup>95</sup>. Expresa “Es habitual utilizar Bases de Datos para almacenar la información temática y los SIG para la información geométrica y topológica. Una de las funcionalidades del modelo georelacional es el enlace de ambos tipos de información que se almacena de formas completamente diferentes”.

#### 6.2.8 Representación espacial de la información.

La ISO al respecto indica “... de manera histórica, la información geográfica se ha tratado en términos de dos tipos fundamentales llamados él [modelo espacial vectorial y modelo espacial raster]:

- **MODELO ESPACIAL VECTORIAL**

Tratan sobre fenómenos discretos, cada uno de los cuales se concibe como un objeto. Las características espaciales de un fenómeno discreto del mundo real se representan mediante un conjunto de una o más primitivas geométricas (puntos, curvas, superficies o sólidos).

Otras características del fenómeno se registran como atributos del objeto. Por lo regular, un objeto individual se relaciona con un solo conjunto de valores del atributo.

- **MODELO ESPACIAL RASTER**

Por otro lado, los “datos ráster” se refieren a fenómenos del mundo real que varían constantemente en el espacio.

---

<sup>95</sup>SARRÍA, F. Sistemas de Información geográfica. [http://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node63\\_mn.html](http://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node63_mn.html)

Contiene un conjunto de valores, cada uno de ellos asociado con uno de los elementos en una disposición regular de puntos o celdas. Por lo regular se asocia con un método para interpolar valores en posiciones espaciales entre los puntos o dentro de las celdas. En vista de que esta estructura de datos no es la única que puede usarse para representar fenómenos que varían constantemente en el espacio, esta Norma Internacional usa el término “cobertura”, tomado de la especificación Abstracta del Consorcio de SIG Abiertos (OGC), para hacer referencia a cualquier representación de datos que asigne valores directamente a una posición espacial.”<sup>96</sup>

#### 6.2.9 Arquitectura cliente/servidor.

“Es un sistema informático en el que las tareas se distribuyen entre diferentes aplicaciones. Es decir, en vez de construir una sola aplicación en la que se contemple la realización de todos los trabajos, estos trabajos se realizan por varias aplicaciones que incluso pueden ejecutarse en máquinas diferentes.

Existen dos tipos de aplicaciones:

- La aplicación servidora que suele realizar las tareas de más trabajo y consumo de recursos.

---

<sup>96</sup>INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - IPGH.Op. cit.p. 42.

- La aplicación cliente que se encarga fundamentalmente de hacer peticiones de datos a la aplicación servidora

Los sistemas cliente/servidor se suelen ejecutar en máquinas distintas: una máquina en la que se ejecuta la aplicación servidora y otra u otras en la que se ejecuta la aplicación cliente. Por eso, hay que disponer de un PC potente para la aplicación servidora y varios PCs domésticos dónde se ejecute la aplicación cliente”<sup>97</sup>

#### 6.2.10 Modelo Cliente /Servidor de 3 capas.

“Con la arquitectura cliente/servidor en tres capas se añade una nueva capa entre el cliente y el servidor dónde se implementa la lógica de la aplicación. De esta forma el cliente es básicamente una interface, que no tiene por qué cambiar si cambian las especificaciones de la base de datos o de la aplicación; queda aislado completamente del acceso a los datos.

En este caso se tiene total libertad para escoger dónde se coloca la lógica de la aplicación: en el cliente, en el servidor de base de datos, o en otro(s) servidor(es).

También se tiene total libertad para la elección del lenguaje a utilizar por lo que no existen restricciones de funcionalidad, no existe compromiso alguno con el uso de

---

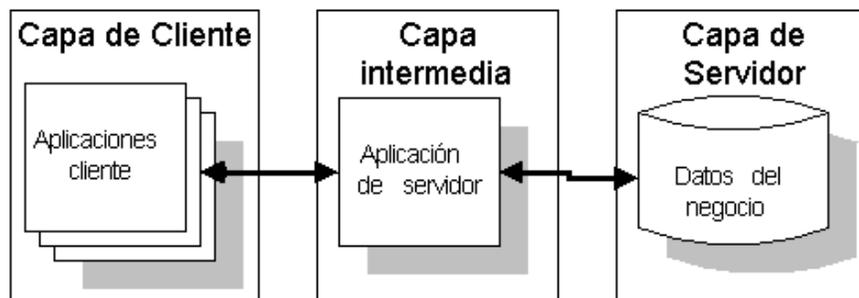
<sup>97</sup>IAN SOMMERVILLE. Ingeniería del Software. Pearson Educación, 2005. Pag. 245.

lenguajes propietarios, por lo que las aplicaciones serán totalmente portables sin cambio alguno.

Puede determinarse en qué servidor(es) se quiere hacer funcionar estos procedimientos. En aplicaciones críticas se pueden agregar tantos servidores de aplicación como sean necesarios, de forma simple, y sin comprometer en absoluto la integridad de la base de datos, obteniéndose una escalabilidad muy grande sin necesidad de tocar el servidor de dicha base de datos”<sup>98</sup>

La figura 5 muestra gráficamente una arquitectura de 3 capas.

Figura 5. Arquitectura Cliente/Servidor en tres capas.



Fuente: [http://docente.ucol.mx/sadanary/public\\_html/bd/cs.htm](http://docente.ucol.mx/sadanary/public_html/bd/cs.htm)

### 6.2.11 Proceso de software

“Los procesos de software comprenden el conjunto de actividades, tanto técnicas

---

<sup>98</sup>Ibid. Pag. 249.

como administrativas, que son necesarias para la fabricación de un sistema de software. Estas actividades van desde el análisis de requisitos hasta la evolución o el mantenimiento del software, pasando por la implantación, la administración de configuraciones, el aseguramiento de la calidad, las pruebas, etc. Tener un proceso adecuado significa, primero, que está definido y, segundo, que sirve para lo que se especificó, es decir que se puede verificar que los objetivos para los que fue definido se satisfacen. Definir un proceso de software implica precisar los objetivos, las personas (roles) involucrados, las entradas y salidas del proceso, los criterios de entrada y salida, las actividades, los métodos y las herramientas que se utilizarán, la manera como se medirán elementos dentro del proceso que permitan verificar resultados”<sup>99</sup>

---

<sup>99</sup>ACIS. Una visión basada en los permanentes cambios tecnológicos y otros aspectos relacionados. Edición N° 93 Julio - Septiembre de 2005. [www.acis.org.co/index.php?id=547](http://www.acis.org.co/index.php?id=547)

## 7. MARCO METODOLÓGICO

### 7.1 TIPO DE INVESTIGACION

La presente investigación presenta una postura racionalista (la razón en la adquisición del conocimiento) y cuantitativa, basada en el principio de investigación aplicada (Teórico - práctica) circunscrita al área disciplinar de Informática y geografía temática. Racionalista en cuanto a los métodos de superposición temática de capas ya que es el primer paso en la difusión de procedimientos de análisis espacial que favorece el desarrollo conceptual de una lógica de pensamiento espacial y cuantitativa en cuanto al tratamiento numérico de las bases de datos, debido a que en el interior de un mapa, las categorías de una variable tienen relación entre ellas simplemente por ser diferentes (nominales), establecen una situación de orden (ordenadas) o establecen una situación de proporcionalidad (cuantitativas).

En cuanto a la función de la investigación se consideran los siguientes niveles relacionados al tipo de conocimientos a obtener:

- Exploratoria: Busca conocimientos generales y estructurales en una primera aproximación que tiende a verificar el comportamiento de variables individuales y de conjunto incorporando la dimensión espacial a través de la interacción entre bases de datos alfanuméricas, gráficas y cartografía digital mediante técnicas interactivas entre los usuarios y el desarrollo SIG.

- Descriptiva: Representa la superficie terrestre desde un punto de vista geométrico (proyecciones y escalas) y descriptivo (tablas con atributos vinculadas a los mapas) con la finalidad de ubicar con exactitud las diferentes entidades geográficas fruto del inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa.
- Clasificatoria: Desde un punto de vista racionalista pueden definirse clases (regiones geográficas formales) a partir de la superposición de mapas (capas); desde una perspectiva cuantitativa pueden definirse clases de variables a partir del de una matriz de datos tradicional o bases de datos espaciales.

Inicialmente estas relaciones se producen en los datos contenidos en la base de datos y cuando ellos deben ser representados cartográficamente interviene el componente de cualificación que corresponde las características con las cuales las entidades gráficas serán incorporadas sobre un mapa base y sus diferencias se expresan a través del uso de variables visuales. Como:

Las dimensiones del plano (Latitud, longitud, Altura), tamaño, valor, grano, color, orientación, forma, etc.

Al analizar el modelado de representación de un SIG vectorial los puntos, líneas y áreas se utilizan como entidades gráficas fundamentales para la realización de un mapa,

- Explicativa: Permite apreciar comportamientos específicos del mundo real, considerando relaciones espaciales de causalidad, corresponde a la asociación espacial de distribuciones que pueden ser analizadas a través de la superposición de mapas y la aplicación de cálculos lógico-matemáticos, gracias al uso y aplicación del lenguaje de consultas espaciales (SQL).

## 7.2 FASES DE LA INVESTIGACION

SABINO<sup>100</sup>, resume "... la investigación científica constituye la actividad que permite generar conocimientos científicos y esta actividad se debe realizar mediante el cumplimiento de ciertos lineamientos generales en una secuencia lógica".

En este sentido, es fundamental identificar qué elementos intervienen en el sistema a desarrollar, como su estructura, sus relaciones, su evolución en el tiempo y los detalles de su funcionalidad los cuales son importantes para determinar el sistema a construir, la presente investigación sigue el método de investigación propuesto por BUZAI Y BAXENDALE<sup>101</sup>, quienes proponen abordar la investigación científica para temas relacionados con Geografía Aplicada basada en el uso de Sistemas de Información Geográfica a través de la definición de cinco fases secuenciales con sus correspondientes componentes(Cuadro 3 ).

---

<sup>100</sup>SABINO, Carlos. El proceso de investigación. Primera edición. Buenos Aires: Lumen/Humanitas, 1996. 31p. <http://es.slideshare.net/male2712/sabino-carlos-el-proceso-de-investigacion>

<sup>101</sup>BUZAI, Gustavo y BAXENDALE, Claudia. Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2006.

Cuadro 3. Fases y componentes del proceso investigativo en el desarrollo SIG.

| # | Fase                             | Componente   |
|---|----------------------------------|--|
| 1 | Conceptual                       | Marco epistémico<br>Base empírica<br>Zona teórica<br>Prácticas geográficas<br>Definición del objeto modelo conceptual  |
| 2 | Conceptual-metodológica          | Antecedentes teóricos y metodológicos<br>Alcances teóricos y metodológicos de la investigación<br>Título de la investigación<br>Hipótesis<br>Objeto modelo operacional<br>Cronograma de tareas |
| 3 | Metodológica-técnica             | Definición de tareas y técnicas<br>Recolección y sistematización de datos<br>Procesamiento de los datos<br>Obtención de resultados   |
| 4 | Validación y elaboración teórica | Análisis e interpretación de los resultados<br>Validación de Hipótesis<br>Modelo Explicativo de la Realidad  |
| 5 | Transferencia                    | Transferencia para la investigación y docencia<br>Transferencia para la planificación y gestión  |

Fuente: Resumen de BUZAI, Gustavo y BAXENDALE, Claudia. Análisis Socio espacial con Sistemas de Información Geográfica. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2006.

Las Fases 1 y 2: Conceptual y Conceptual-metodológica, corresponden a la formulación general del proyecto y el diseño de la investigación.

La Fase 3: Metodológica-técnica, contiene los componentes que permiten concretar lo diseñado a partir de la definición de tareas y técnicas que hacen operativas las metodologías, para ello se recurre a la ingeniería de software como disciplina de la ciencia de la computación, que ofrece conocimientos, técnicas y métodos; además de permitir la ejecución de tareas de investigación como:

**Recolección y sistematización de datos:** La tarea de recolección y sistematización de datos, con Sistemas de Información Geográfica (SIG) incluye un componente gráfico (Cartografía analógica a ser digitalizada o

cartografía digital existente), mapas bases, formatos existentes para el inventario de los fenómenos de remoción en masa en terrero, un componentenumérico (Tablas y atributos de las entidades geográficasconsideradas) y la caracterización y selecciónde la infraestructura tecnológica basada en software libre, adecuada para la implementación de geographic information system (GIS) expresada en servicios.

La sistematización u organización de los datos está compuesta de bases de datos con asociaciones de cardinalidad fruto del modelo entidad-relación de la AppWeb GIS utilizando LBS (*Location Based Services*), que permite dar paso a la tarea de procesamiento.

**Procesamiento de los datos:** Está relacionado con el trabajo concreto que se hará con los datosobtenidos y organizados. Corresponde a la infraestructura tecnológica expresada en servicios implementada y su subsistema de tratamiento de datos y operaciones estandarizadas que permite obtener diferentes resultados. Y los datos procesados por la AppWeb GIS utilizando LBS (*Location Based Services*) y las decisiones espaciales que se pueden tomar sobre el inventario de fenómenos de remoción en masa.

**Obtención de resultados:**A partir del procesamiento de datos se llega a la obtención de resultadosen forma numérica, gráfica o cartográfica,siendo esta última el resultado más importante de de los Sistemas de Información Geográfica y las infraestructuras de datos espaciales. Sonresultados que

corresponden básicamente a la distribución espacial de las relaciones y problemáticas analizadas.

La Fase 4: Validación y elaboración teórica, corresponde al **análisis e interpretación de los resultados**, en el caso de la Geografía Aplicada estos resultados corresponderán a las relaciones espaciales de los factores sociales, es decir la toma de decisiones asociadas al inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa en la Área Metropolitana Centro Occidente de Risaralda, municipios de Pereira y Dosquebradas.

Con la finalización del análisis se procede a la **validación de hipótesis** al confrontan los resultados con la hipótesis formulada y al generación del **modelo explicativo de la realidad** a través de las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

La Fase 5: Transferencia, corresponde a los productos y resultados de la investigación y hacia dónde van dirigidos, específicamente **transferencia para la investigación y docencia** y **transferencia para la planificación y gestión**, por lo tanto los resultados de investigación ayudarán a reforzar la teoría, las prácticas geográfica, sirve de referencia para estudios futuros y aportes en el campo de la didáctica vinculados a la enseñanza.

En cuanto a la transferencia para la planificación y gestión, los resultados serán destinados hacia la planificación y gestión pública, ordenamiento territorial y gestión del riesgo realizada por organismos gubernamentales y hacia la gestión y planificación privada realizada por empresas comerciales y de servicios.

### 7.3 DISEÑO METODOLÓGICO

Para la concreción del diseño metodológico en la fase Metodológica-Técnica (figura 6) de la investigación se recurre la ingeniería de software como disciplina de la ciencia de la computación, que ofrece conocimientos, técnicas y métodos para llevarlo a cabo mediante el seguimiento de las etapas de un proyecto de desarrollo e implementación de software (análisis, diseño, desarrollo/construcción, pruebas e Implementación), y la utilización de un proceso de desarrollo.

En este sentido GÓMEZ Y QUIROGA<sup>102</sup>, indican que el que más se ajusta al proceso particular de desarrollo de proyectos SIG, es el evolutivo tipo espiral o de cuarta generación como Proceso Unificado (UP)<sup>103</sup>, apoyando esta afirmación el IGAC, propone la metodología de desarrollo de software – MDS IGAC<sup>104</sup>, la cual está enmarcada por el UP, y este a su vez dirigido por casos de uso, centrado en la arquitectura y las llamadas metodologías ágiles, a su vez se apoya en el lenguaje de modelado unificado (UML)<sup>105</sup> como herramienta de modelado para especificar, construir, visualizar y documentar los artefactos del sistema de información a desarrollar.

---

<sup>102</sup> GÓMEZ GÓMEZ, Jorge. QUIROGA ARCINIEGAS Vanessa. Sistemas de información geográfica. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. p. 92.

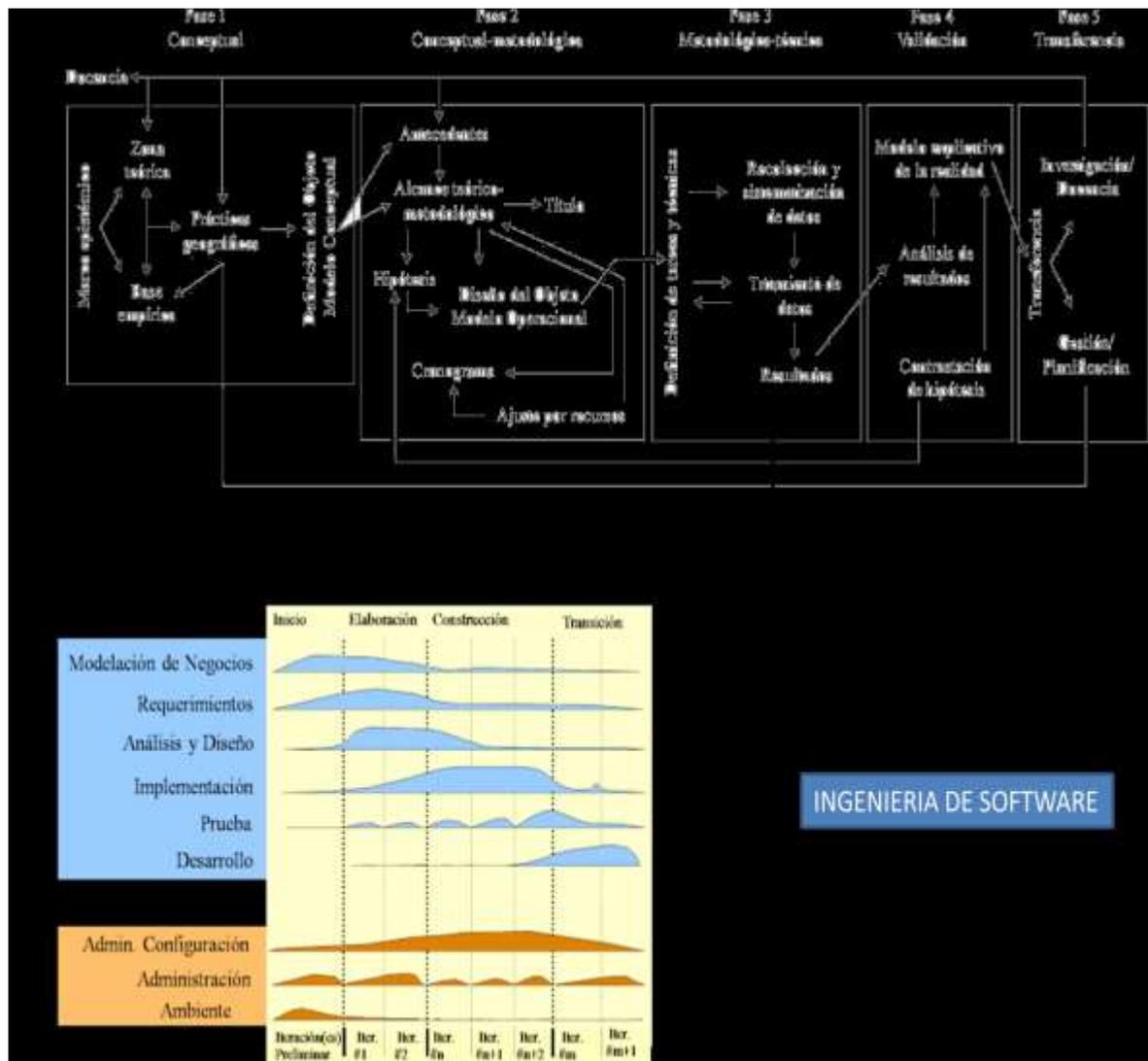
<sup>103</sup> JACOBSON, Ivar; BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Pearson Addison-Wesley. p. 4.

<sup>104</sup> IGAC. Metodología de desarrollo de Software. <http://geoservice.igac.gov.co/mds/igac/>

<sup>105</sup> OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). Introduction to OMG's Unified Modeling Language (UML). Versión 2, Julio de 2005. [http://www.omg.org/gettingstarted/what\\_is\\_uml.htm](http://www.omg.org/gettingstarted/what_is_uml.htm)

El proceso unificado (UP), redefine el ciclo de desarrollo en cuatro fases fundamentales: Fase de inicio, elaboración, construcción y transición; cada una de ellas con actividades, artefactos e hitos, que serán en últimas las fases que se siguen para el desarrollo metodológico de la presente investigación.

Figura 6. Fases y componentes del proceso de investigación en ingeniería de software



Fuente: Autor. Adaptación de BUZAI, Gustavo<sup>106</sup>.

<sup>106</sup> BUZAI, Gustavo D. Sistemas de información geográfica SIG : teoría y aplicación. Lujan. 1ra Ed.2013. Universidad Nacional de Luján. p. 67.

De esta forma el cumplimiento de los objetivos planteados se realizan con el cumplimiento de la metodología propuesta en el cuadro 4. Diseño metodológico.

Cuadro 4. Diseño metodológico fase metodológica-técnica

| <b>Fase</b>                      | <b>Actividades</b>                   | <b>Artefactos/Salidas</b>   | <b>Objetivo Investigación</b> |
|----------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|
| Fase de inicio                   | Planeación del trabajo de desarrollo | Plan de desarrollo de Software.<br>Organización del proyecto<br>Glosario.   | Objetivos: 1 – 2 - 3 – 4      |
|                                  | Gestión de riesgos                   | Listado de riesgos  |                               |
|                                  | Levantamiento de requerimientos      | Recolección de datos<br>Modelado de negocio<br>Listado de requerimientos funcionales (RF)<br>Listado de requerimientos no funcionales (RNF) |                               |
| Fase de elaboración              | Especificación de casos de uso       | Especificación de requerimientos  | Objetivos: 1 - 2 - 3          |
|                                  | Caracterizar y seleccionar IDE       | Caracterización y selección Infraestructura IDE   |                               |
|                                  | Modelamiento                         | Prototipos de Interfaces de Usuario   |                               |
|                                  | Definición de arquitectura           | Diagramas de Secuencia y Clases<br>Diagrama de componentes<br>Modelo de despliegue  |                               |
|                                  | Diseño de base de datos              | Documento de diseño de BD   |                               |
| Fase de construcción             | Desarrollo de funcionalidades        | Modelo de Implementación<br>Construcción componentes y software<br>Instalación y configuración de infraestructura tecnológica               | Objetivos: 2 - 3 – 4          |
|                                  | Lanzamiento interno                  | Plan de pruebas de integración del sistema y reporte de pruebas.  |                               |
|                                  | Desarrollo de material de soporte    | Manual de usuario<br>Manual de operación  |                               |
| Fase de transición o Lanzamiento | Lanzamientos externos                | Instalación en equipos cliente  | Objetivos: 2 - 3 – 4          |
|                                  | Entrega material de soporte          | Manual de usuario y operación   |                               |

Fuente: Autor/Adaptación metodología RUP

## 8. PRESUPUESTO Y RECURSOS

La tabla 2 muestra los elementos necesarios tanto de software como hardware para la ejecución de la investigación y la tabla 3 el personal participante.

Tabla 2. Presupuesto y recursos hardware y Software

| Elemento                           | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total          |
|------------------------------------|----------|----------------|----------------------|
| Servidor producción PowerEdge R810 | 1        | \$ 10.000.000  | \$ 10.000.000        |
| Equipos de desarrollo              | 2        | \$ 1.500.000   | \$ 3.000.000         |
| Equipo de Pruebas y apoyo          | 1        | \$ 1.500.000   | \$ 1.500.000         |
| <b>Subtotal HARDWARE</b>           |          |                | <b>\$ 14.500.000</b> |
| OpenGeo Suite                      |          | \$ 0.0         | \$ 0.0               |
| Servidor web Apache                |          | \$ 0.0         | \$ 0.0               |
| PostgreSQL                         |          | \$ 0.0         | \$ 0.0               |
| PostGIS                            |          | \$ 0.0         | \$ 0.0               |
| GNU PSPP                           |          | \$ 0.0         | \$ 0.0               |
| Lenguaje de programación PHP       |          | \$ 0.0         | \$ 0.0               |
| Plantillas Metronic                |          | \$60.000       | \$ 60.000            |
| PHP Maker                          |          | \$ 400.000.0   | \$ 400.000           |
| Open Office                        |          | \$ 0.0         | \$ 0.0               |
| Google Docs                        |          | \$ 0.0         | \$ 0.0               |
| S.O CentOS 5.0/6.4                 |          | \$ 0.0         | \$ 0.0               |
| <b>Subtotal SOFTWARE</b>           |          |                | <b>\$460.0000</b>    |
| <b>TOTAL</b>                       |          |                | <b>\$ 14.960.000</b> |

Fuente: Autor

Tabla 3. Participantes del proyecto

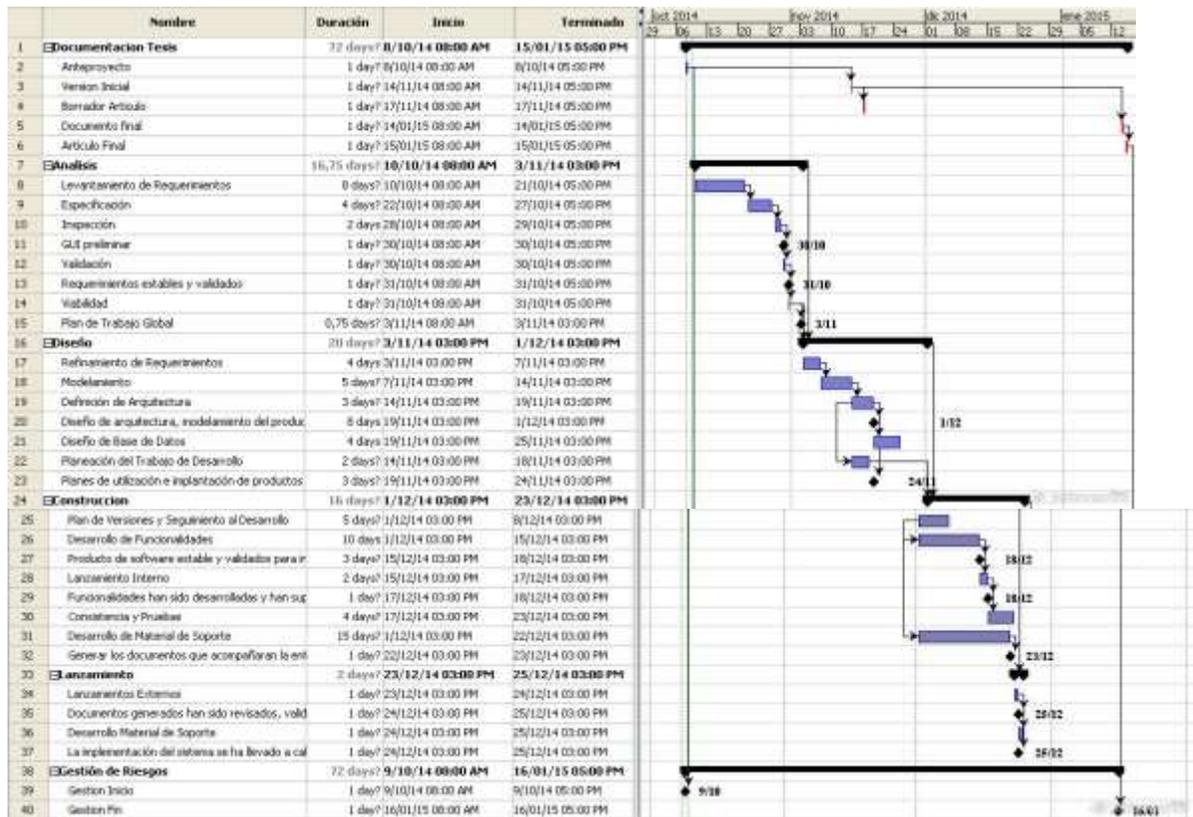
| Nombre                        | Papel                  | Organización              |
|-------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Ms. Alejandro Álzate Buitrago | Director               | Universidad Libre Pereira |
| Ing. Raúl Alberto Gaviria     | Investigador Principal | Universidad Libre Pereira |

Fuente: Autor

## 9. CRONOGRAMA

A continuación se presenta la planificación del proyecto (figura 7) con las principales tareas, al ser el proceso unificado iterativo e incremental (UP) se caracteriza por la realización simultánea de todas las actividades de desarrollo a lo largo del proyecto.

Figura 7. Planificación del proyecto.



Fuente: Autor

## 10. PLAN DE DESARROLLO

Se presenta a continuación el desarrollo completo del sistema objetivo para obtener un resultado operativo que dé respuesta al problema planteado, de esta forma el cumplimiento de los objetivos de investigación planteados se realiza con el cumplimiento de la metodología propuesta en el diseño metodológico, el documento central es el plan de desarrollo de software.

Se destaca que de acuerdo a la filosofía del proceso unificado (UP) y al proceso iterativo e incremental utilizado, todos los artefactos son objeto de modificaciones a lo largo del proceso de desarrollo, por lo tanto, sólo al término del proceso se tiene una versión definitiva y completa de cada uno de ellos. El resultado de cada iteración y los hitos del proyecto están enfocados a conseguir un cierto grado de completitud y estabilidad de los artefactos.

### 10.1. INTRODUCCIÓN

Este documento provee una visión global del enfoque de desarrollo propuesto, se centra principalmente en el desarrollo del software y complementarios como la caracterización y selección de la infraestructura tecnológica basada en software libre, adecuada para la implementación de *geographic information system* (GIS) expresada en servicios y la integración con el desarrollo AppWeb GIS - LBS, con la infraestructura tecnológica, describen roles, plan de riesgos, entregables por cada fase del desarrollo, tiempos para cada actividad según el cronograma y el producto final que se entrega.

### 10.1.1 Propósito

El propósito del Plan de Desarrollo de Software es proporcionar la información necesaria para controlar el proyecto, tomando en cuenta todos los aspectos importantes, el Jefe del Proyecto lo utiliza para realizar seguimiento y control del cronograma y necesidades de recursos y los demás roles para saber lo que deben hacer, tiempo establecido para hacerlo y qué otras actividades dependen de ellos.

### 10.1.2 Entregables del proyecto

El cuadro 5, describe cada uno de los artefactos que serán generados y utilizados por el proyecto y que constituyen los entregables, basados en el diseño metodológico propuesto.

Cuadro 5. Entregables del proyecto.

| <b>ENTREGABLE</b>  | <b>DESCRIPCION</b>  |
|--|---|
| Plan de Desarrollo del Software  | Documento central   |
| Organización del proyecto  | Describe el personal participante, las fases del proceso de desarrollo, objetivos a ser cumplidos y calendario del proyecto.  |
| Glosario   | Define los principales términos usados en el proyecto, proporcionando una terminología consistente que ayuda a evitar los malos entendidos  |
| Listado de riesgos   |   |
| Recolección de datos   | Se refiere al análisis de formatos existentes para la caracterización e inventario de fenómenos de remoción en masa, mapas base existentes en formatos compatibles o su conversión (Tablas y atributos de las entidades geográficas consideradas).  |
| Modelado de Negocio  | Modelo de las funciones de negocio, permite situar al sistema en el contexto del proyecto   |
| Visión en términos de:<br>Listado de requerimientos funcionales (RF)<br>Listado de requerimientos no funcionales (RNF) | Define la visión del producto desde la perspectiva del cliente, especificando las necesidades y características del producto. Proporciona una base contractual más detallada en cuanto a los requisitos técnicos del sistema  |
| Especificaciones de Requerimientos   | Describe de manera detallada la funcionalidad del sistema representada inicialmente a través del modelo de casos de uso. Cada caso de uso debe ser especificado mediante un documento que incluye flujos de eventos básicos y alternos, pre condiciones, post condiciones, y requisitos especiales (requisitos no-funcionales asociados). |
| Caracterización y selección Infraestructura SIG  | Caracterización y selección de la infraestructura tecnológica basada en software libre, adecuada para la implementación del SIG expresada en servicios  |
| Prototipos de Interfaces de Usuario  | Definición de características de la interfaz de usuario que permiten que el software sea fácil de entender, aprender, incluye la descripción del prototipo de la interfaz. Su propósito es exponer y probar la funcionalidad y la utilidad del sistema antes del comienzo verdadero del diseño y del desarrollo.                          |
| Documento de la Arquitectura de Software   | Contiene la estructura interna del sistema, es decir la descomposición del sistema en subsistemas. Así como la identificación de los componentes que integran los subsistemas y las relaciones de integración entre ellos. Se compone por Diagramas de Clases, secuencia, interacción, actividades y estado.                              |
| Componentes  | Conjunto de unidades de código relacionadas   |

Cuadro 5. (Continuación)

| ENTREGABLE   | DESCRIPCION  |
|--|--|
| Modelo de Despliegue                                       | Este modelo muestra el despliegue la configuración de tipos de nodos del sistema, en los cuales se hará el despliegue de los componentes   |
| Documento de diseño de BD                                  | Modelo que describe la representación lógica de los datos persistentes, de acuerdo con el enfoque para modelado relacional de datos. Se utiliza un diagrama entidad-relación que represente a las tablas, campos, campos llave y relaciones entre éstas y script DDL |
| Modelo de Implementación                                   | Este modelo es una colección de componentes y los subsistemas que los contienen. Los componentes incluyen entregables, tales como ejecutables, y los componentes de los cuales se producen los entregables, por ejemplo archivos del código de fuente.               |
| Construcción componentes y software                        | Contiene el detalle de los componentes que permite de manera evidente la construcción y prueba en el ambiente de programación.   |
| Instalación y configuración de infraestructura tecnológica | Instalación y configuración de infraestructura IDE   |
| Plan de Pruebas de Integración del sistema                 | Contiene el orden de integración de los componentes o subsistemas, guiado por la parte arquitectónica del <i>Diseño</i> . Pruebas que se aplicarán para verificar la interacción entre los componentes   |
| Reporte de Pruebas   | Registro pruebas ejecutadas y su funcionamiento  |
| Manual de Usuario  | Documento electrónico o impreso que describe la forma de uso del software con base a la interfaz del usuario.  |
| Manual de Operación  | Documento electrónico o impreso que contenga la información indispensable para la instalación y administración del software, así como el ambiente de operación (sistema operativo, base de datos, servidores, etc.).   |

Fuente: Autor/Adaptación metodología RUP

## 10.2 ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo metodológico del proyecto requiere de la participación de al menos los siguientes participantes que ejercen diferentes roles y responsabilidades (Tabla 4), en la práctica, para la realización del proyecto se dispone del director y el maestrante.

Tabla 4. Roles y responsabilidades.

| <b>Rol</b>                   | <b>Responsabilidad</b>  |
|------------------------------|---|
| Director del proyecto        |   |
| Jefe del proyecto            |   |
| Analista                     | Realizar la Ingeniería de requerimientos para dar respuesta al problema planteado a través de una solución SIG.             |
| Diseñador                    | Transformar los RF y RNF en el diseño de la solución a desarrollar.   |
| Programador                  | Transformar el diseño en el producto final mediante sentencias de programación  |
| Ingeniero de infraestructura | Instalar, configurar y documentar (S.O, BD, lenguajes de programación, redes, muro de seguridad etc)                        |
| Integrador                   | Realizar y llevar a cabo pruebas de integración y del sistema entre las infraestructura seleccionada y la AppWeb desarrolla |
| Documentador                 | Realizar los manuales operativos y de usuario   |

Fuente: Autor

La tabla 5 muestra la duración en semanas y número de iteraciones de cada fase, durante el desarrollo del proyecto y el cuadro 6 lista los objetivos a ser cumplidos en cada iteración.

Tabla 5. Fases del proceso de desarrollo

| <b>Fase</b>          | <b>Número Iteraciones</b> | <b>Duración</b> |
|----------------------|---------------------------|-----------------|
| Fase de Inicio       | 1                         | 4 semanas       |
| Fase de Elaboración  | 2                         | 4 semanas       |
| Fase de Construcción | 2                         | 6 semanas       |
| Fase de Transición   | 2                         | 2 semanas       |

Fuente: Autor

Cuadro 6. Lista de objetivos a ser cumplidos en cada iteración.

| Fase UP             | Hito   | Objetivos de Fase   |
|---------------------|--|---|
| Fase de Inicio      | <p>Esta fase genera la documentación para describir las actividades del análisis, ingeniería de requerimientos y modelo del negocio.</p> <p>Se desarrollan las características del producto, los cuales serán establecidos en el artefacto Visión.</p>   | <p>Realizar las actividades de la fase de inicio.</p> <p>Establecer el Plan de Desarrollo de Software para lograr un entendimiento de lo que se va a realizar.</p> <p>Establecer los requerimientos y las bases de la arquitectura que se desarrollará más adelante (deben quedar claras todas las actividades que deberá realizar el sistema).</p> <p>Modelar el negocio dónde quedan establecidos los procesos que se desarrollan.</p>  |
| Fase de Elaboración | <p>Esta fase identifica los principales casos de uso, y en base a esto se genera documentos que indiquen la funcionalidad de cada caso de uso.</p> <p>Se analizan los requisitos y se desarrolla un prototipo de arquitectura.</p> <p>Posteriormente se realizan prototipos de interfaz de tal manera que sean utilizables en la fase de construcción, modelamiento, definición de la arquitectura y diseño de la base de datos.</p> <p>La revisión y aceptación del prototipo de la arquitectura del sistema marca el final de esta fase.</p> <p>Iteración 1: Identificación y especificación de los principales casos de uso, así como su realización preliminar en el Modelo de Análisis/Diseño (Diagrama de Clases).</p> | <p>Realizar las actividad de de la fase de Análisis y Diseño.</p> <p>Analizar los requerimientos establecidos en la fase de inicio para producir una descripción de la estructura de los componentes de software, la cual servirá de base para la construcción.</p> <p>Realizar el diseño de la arquitectura y el prototipo de la interfaz.</p> <p>Al final de esta fase, todos los casos de uso correspondientes a requisitos que serán implementados en la primera y segunda iteración de la fase de Construcción deben estar analizados y diseñados (en el Modelo de Análisis/Diseño).</p> |

Cuadro 6. (Continuación)

| Fase UP                     | Hito   | Objetivos de Fase   |
|-----------------------------|--|---|
|                             | <p>Iteración 2: Tendrá el objetivo de validar los casos de uso que fueron especificados, así como el modelamiento y diseño de la arquitectura. De igual forma permitirá hacer una revisión general del estado de los artefactos hasta este punto y actualizar, si es necesario, los artefactos con el fin del cumplimiento de los objetivos planteados.</p>  |   |
| <p>Fase de Construcción</p> | <p>Esta fase tiene como énfasis el desarrollo propiamente de los componentes del sistema.</p> <p>Posteriormente se aplicarán pruebas al sistema, de tal manera que sea evaluado para tomar como salida la primera versión.</p> <p>Iteración 1: Tiene como objetivo la refinación de las clases que afectarán al sistema, el modelo entidad-relación y las interfaces de usuario ya elaboradas.</p> <p>Se inicia con la construcción de los componentes de los casos de uso principales, los cuales se manejan en el versión 1.</p> <p>Iteración 2: Tiene como objetivo la construcción de los componentes de la versión 2, así como de la elaboración de los manuales de usuario y operación (guías de instalación y configuración).</p> | <p>Realizar las actividades de la Fase de Construcción, Fase de Integración y Pruebas.</p> <p>Construir e integrar los componentes de software resultantes del análisis y diseño y se realizan las pruebas unitarias.</p> <p>Su resultado son los componentes de software probados.</p> |

Cuadro 6. (Continuación)

| Fase UP            | Hito   | Objetivos de Fase   |
|--------------------|--|---|
| Fase de Transición | <p>Esta fase tiene como finalidad colocar el producto final en producción</p> <p>Iteración 1: Se empaqueta e instala la versión 1.0 del sistema.</p> <p>Se capacita a los potenciales usuarios habiendo elaborado un manual y plan de capacitación.</p> <p>Iteración 2: Se espera un tiempo de prueba de 2 semanas y una vez aceptado se empaqueta e instala la versión 2.0 llevándose a cabo también su respectiva capacitación y aceptación.</p> | <p>Realizar las actividades de la fase de transición.</p> <p>Instalar el software en los clientes, y ejecutar el plan de capacitación, haciendo entrega de los manuales operativos y de usuarios.</p> |

Fuente: Autor/Adaptación metodología RUP

### 10.3 GLOSARIO.

Esta sección provee las definiciones de términos, acrónimos y abreviaturas requeridas para interpretar adecuadamente el Plan de desarrollo de software. Esta información se suministra al inicio de este documento en el apartado Glosario.

## 10.4 GESTIÓN DEL RIESGO.

La tabla 6 proporciona identificación y clasificación de los riesgos que pueden aparecer en el proyecto:

Tabla 6. Identificación de riesgos del proyecto

| <b>Cod</b> | <b>Descripción</b>   | <b>Probabil.</b> | <b>Impacto</b> | <b>Exposición</b> |
|------------|--|------------------|----------------|-------------------|
| R1         | Especificación de requerimientos imprecisa                                 | ALTA             | MEDIO          | ALTA              |
| R2         | Funcionalidad compleja de implementar                                      | MEDIA            | ALTO           | ALTA              |
| R3         | Incorrecta selección infraestructura tecnológica                           | MEDIA            | ALTO           | ALTA              |
| R4         | Diseño arquitectónico incorrecto o impreciso                               | MEDIA            | ALTO           | ALTA              |
| R5         | Incumplimiento de estándares OGC Integración AppWeb GIS a IDE seleccionada | ALTA             | MEDIO          | MEDIA             |
| R6         | Planificación imprecisa (optimista o pesimista)                            | MEDIA            | MEDIO          | MEDIA             |
| R7         | Curva de aprendizaje lenta en herramientas RAD                             | MEDIA            | MEDIO          | MEDIA             |
| R8         | Recursos tecnológicos no disponibles                                       | BAJA             | ALTO           | MEDIA             |
| R9         | Producto muy grande  | BAJA             | MEDIO          | BAJA              |

Fuente: Autor

Los riesgos con exposición alta pueden llevar el proyecto al fracaso y deben ser contemplados en las fases tempranas antes de iniciar el diseño y la codificación, la tabla 7 muestra los planes de contingencia planeados para estos riesgos.

Tabla 7. Planes de contingencia

| <b>Riesgo</b> | <b>Descripción Riesgo</b>  | <b>Contingencia</b>   |
|---------------|--|---|
| R1            | Si la especificación de requisitos no es clara y no se conocen las funcionalidades que deberá soportar la AppWeb GIS - LBS, entonces, la elección de la arquitectura y estructuras fundamentales podrán ser erróneas | Realizar revisión de la especificación de requisitos funcionales y no funcionales, lo que permite comprobar y establecer el cumplimiento de los requisitos  |
| R2            | Si se encuentra una funcionalidad muy compleja o difícil de implementar, el producto final no cumpliría con las funcionalidades requeridas.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer las librerías, bibliotecas de componentes y herramientas de desarrollo, sus funcionalidades y posibilidades.</li> <li>• Realizar una implementación aproximada de la especificación original.</li> <li>• Posponer la implementación a una versión posterior del producto.</li> </ul> |
| R3            | incorrecta selección infraestructura tecnológica SIG, impediría la integración con los desarrollo presentes y futuros  | Hacer correcta selección y caracterización de la infraestructura SIG, mediante estudios y experiencias de investigaciones   |
| R4            | Un diseño arquitectónico erróneo conduce a un proyecto con retrasos y posibles fracasos. Si los requisitos funcionales y no funcionales no están claros, la elección de la arquitectura será correcta                | se recomienda la elección en arquitecturas conocidas y probadas, lo mismo que los diseños de los distintos componentes  |

Fuente: Autor

Los riesgos con exposición media (R5, R6, R7 y R8) deben ser observados y controlados a lo largo del desarrollo del proyecto, para evitar que se transformen en riesgos de exposición alta, no es necesario definir planes de contingencia,

pero, si por algún motivo escalan a riesgo de exposición alta deben crearse medidas de contingencias en las iteración 2.

## 10.5 RECOLECCION DE DATOS.

### 10.5.1 Componente gráfico IGAC.

Compuesto por mapas base del país, suministrados por IGAC (Cuadro 7), en formato SHP (Un shapefile es un formato vectorial de almacenamiento digital dónde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos), y los componentes numéricos asociados (Tablas y atributos de las entidades geográficas) con normalización de objetos (figuras 8 a 12) y que cumplen con los estándares:

NTC 5204 - Precisión de redes geodésicas

NTC 5205 - Precisión de datos espaciales

NTC 4611 - Metadato Geográfico

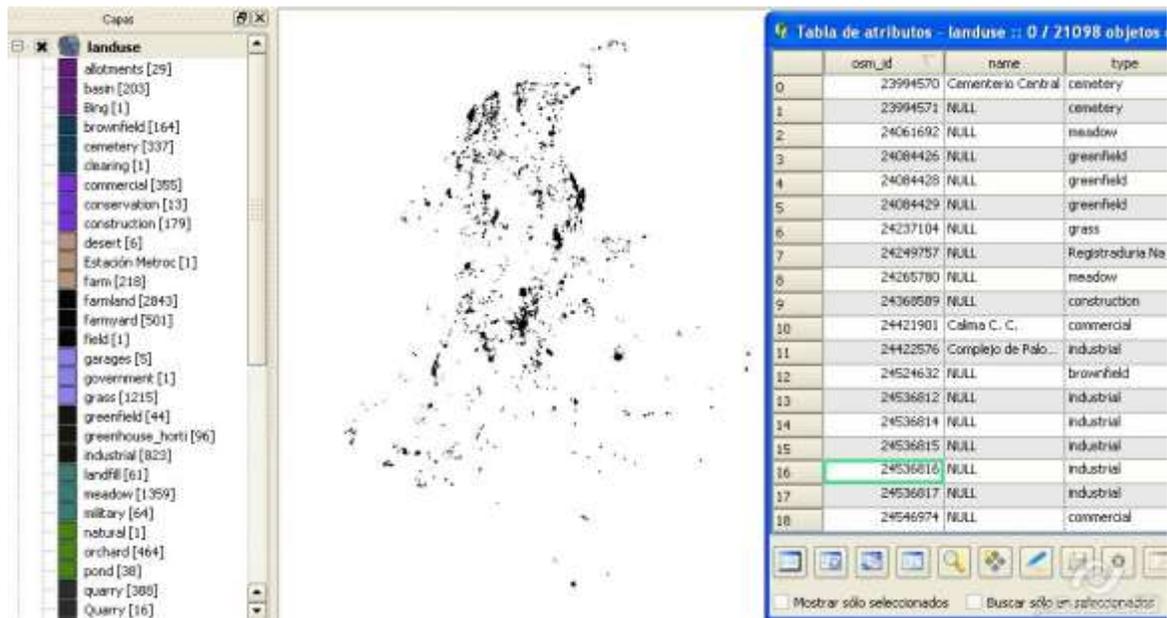
NTC 5043 - Calidad de los datos geográficos

Cuadro 7. Mapas base suministrados por IGAC.

| Shapefile                            | Descripción                         | Número de objetos espaciales |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| landuse.shp                          | Uso del suelo Colombia              | 21098                        |
| roads.shp                            | Carreteras Colombia                 | 277362                       |
| waterways                            | Ríos Colombia                       | 11724                        |
| buildings.shp                        | Edificaciones Colombia              | 130524                       |
| places.shp                           | Plazas Colombia                     | 47030                        |
| points.shp                           | Comercios Colombia                  | 21452                        |
| Generalidades                        |                                     |                              |
| Escala                               | 1:5000                              |                              |
| Sistema de referencia de coordenadas | WGS84<br>EPSG:4326                  |                              |
| Proyección                           | +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs |                              |

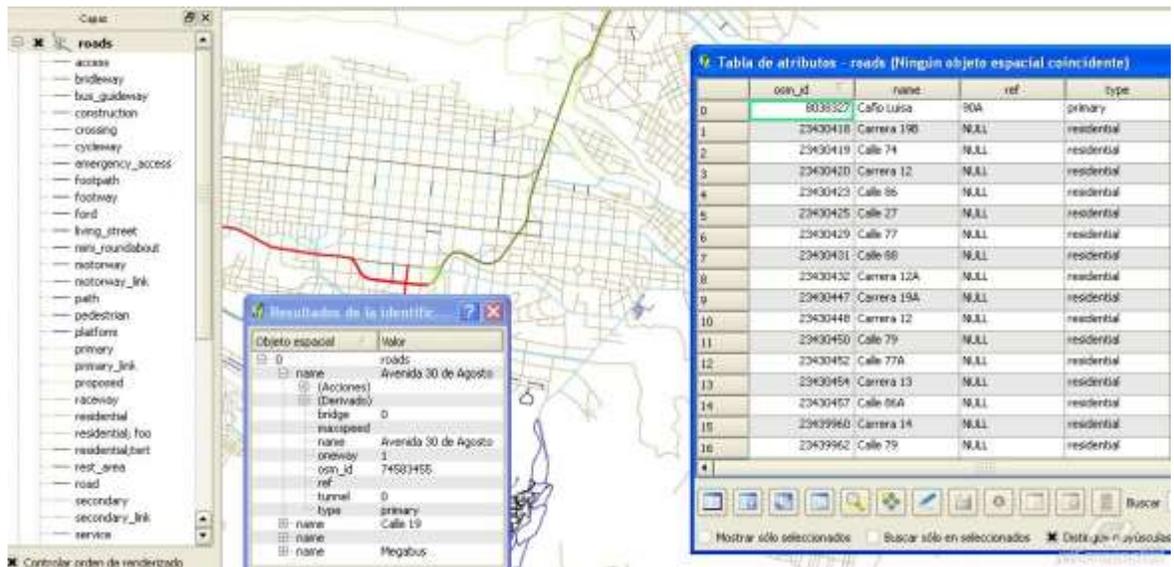
Fuente: Autor

Figura 8. Mapa base y componente numérico landuse



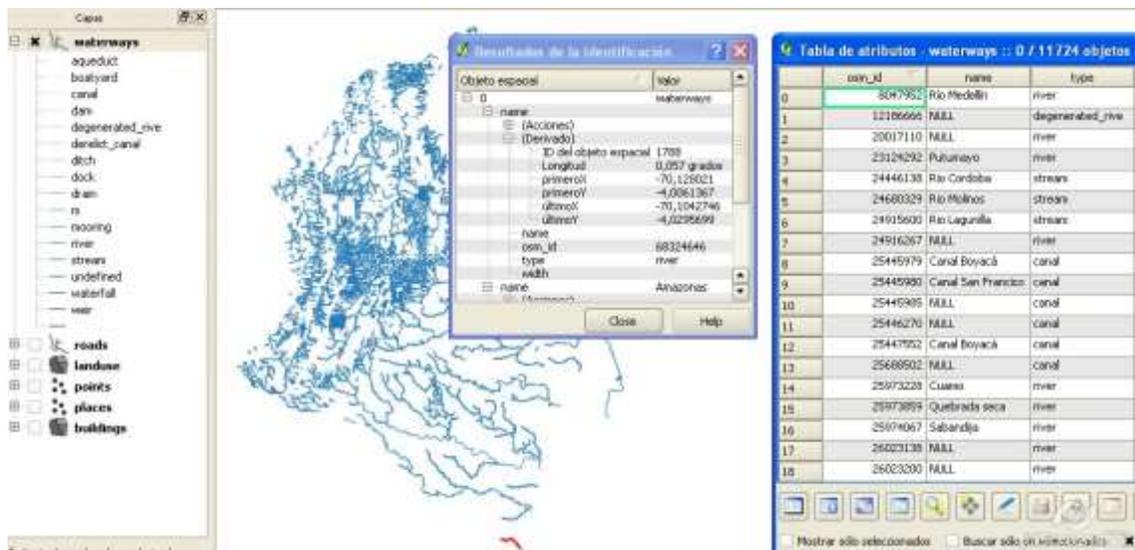
Fuente: Autor

Figura 9. Mapa base y componente numérico roads.shp



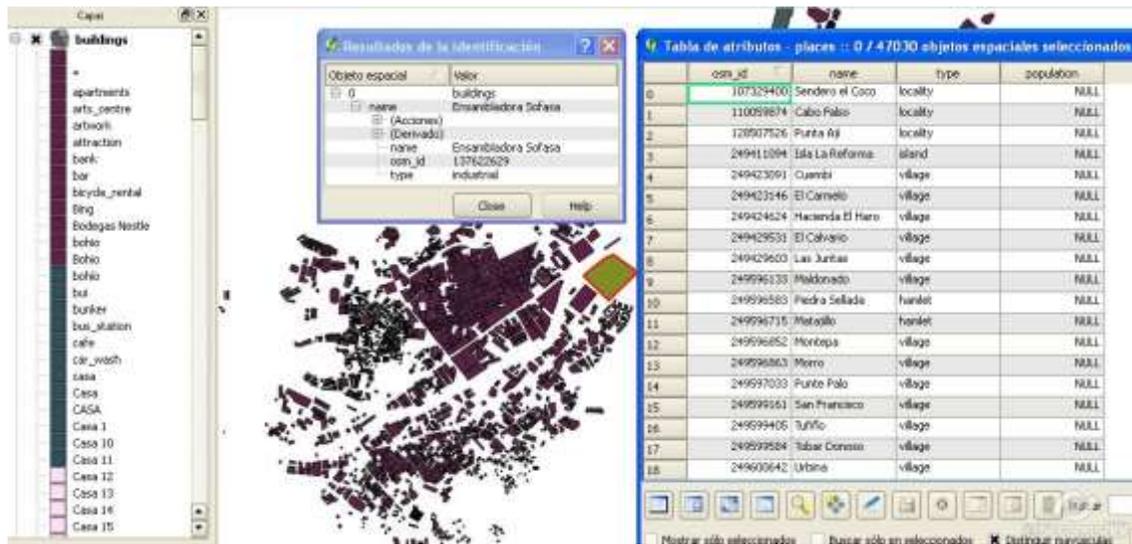
Fuente: Autor

Figura 10. Mapa base y componente numérico waterways.shp



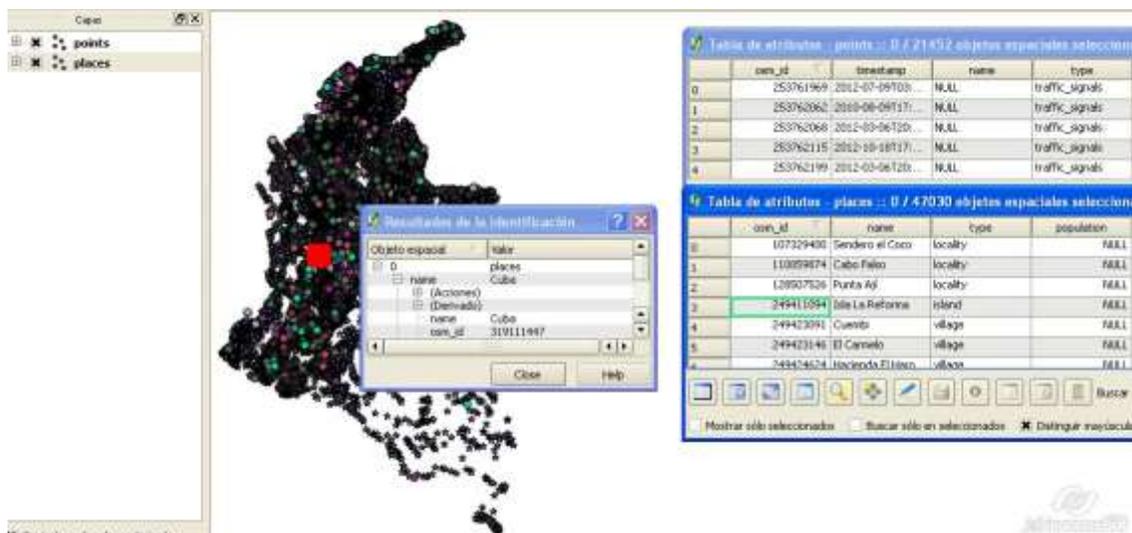
Fuente: Autor

Figura 11. Mapa base y componente numérico buildings



Fuente: Autor

Figura 12. Mapa base y componente numérico places - points



Fuente: Autor

### 10.5.2 Componente gráfico otras fuentes

Compuesto por mapas base, suministrados por el director del proyecto (Cuadro 8), en formato SHP y los componentes numéricos asociados (Tablas y atributos de las entidades geográficas) mapas que se visualizan en las figuras 13 a 16 y que cumplen con los estándares:

NTC 5204 - Precisión de redes geodésicas

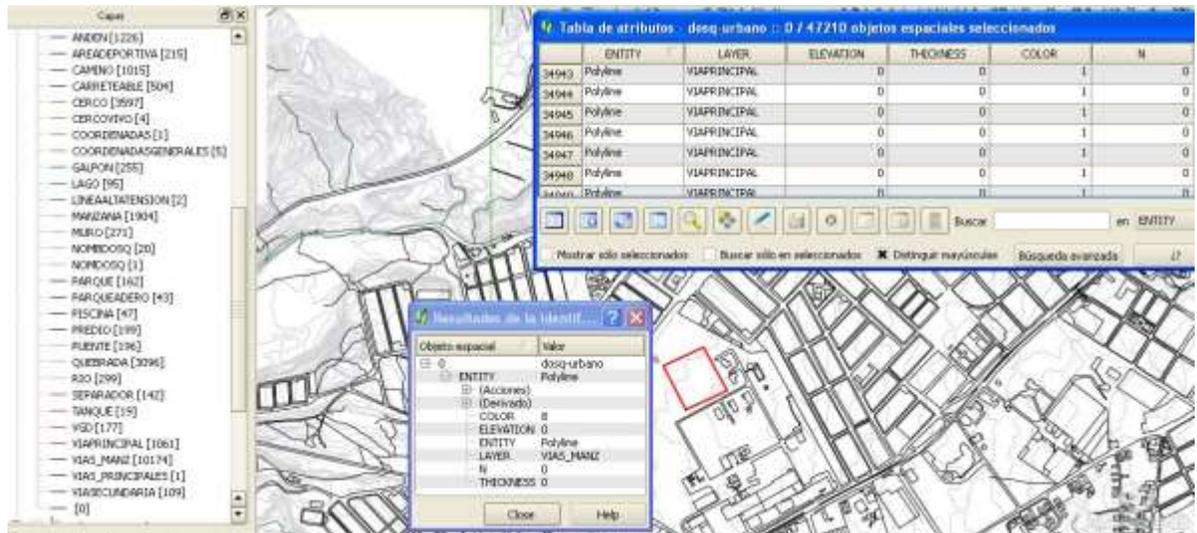
NTC 5205 - Precisión de datos espaciales

Cuadro 8. Mapas base suministrados por otras fuentes.

| <b>Shapefile</b>                     | <b>Descripción</b>                         | <b>Número de objetos espaciales</b> |
|--------------------------------------|--|-------------------------------------|
| dosq-urbano.shp                      | Mapa urbano del municipio de Dosquebradas  | 47210                               |
| dosq-micros.shp                      | Microcuencas municipio de Dosquebradas     | 13                                  |
| dosq-riosordenes.shp                 | Ríos y quebradas municipio de Dosquebradas | 1449                                |
| dosq-geo.shp                         | Geología municipio de Dosquebradas         | 16                                  |
| dosqlim.shp                          | Limites del municipio de Dosquebradas      | 1                                   |
| <b>Generalidades</b>                 |  |                                     |
| Escala                               | 1:5000                                     |                                     |
| Sistema de referencia de coordenadas | WGS84<br>EPSG:4326                         |                                     |
| Proyección                           | +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs        |                                     |

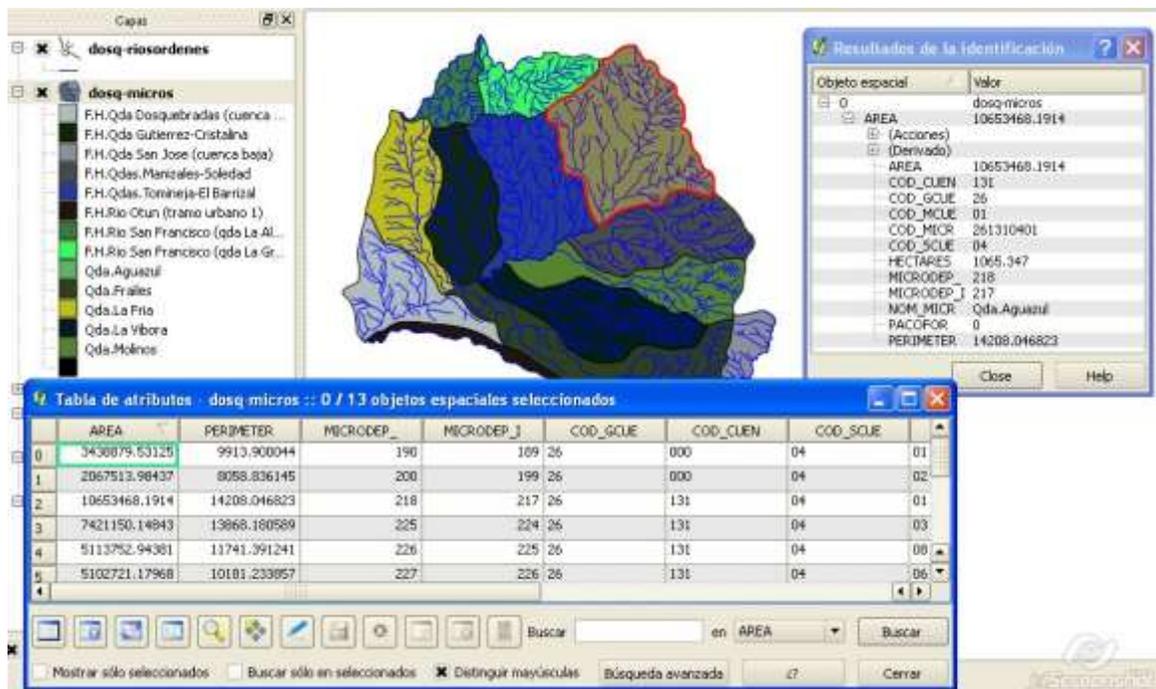
Fuente: Autor

Figura 13. Mapa base y componente numérico dosq-urbano



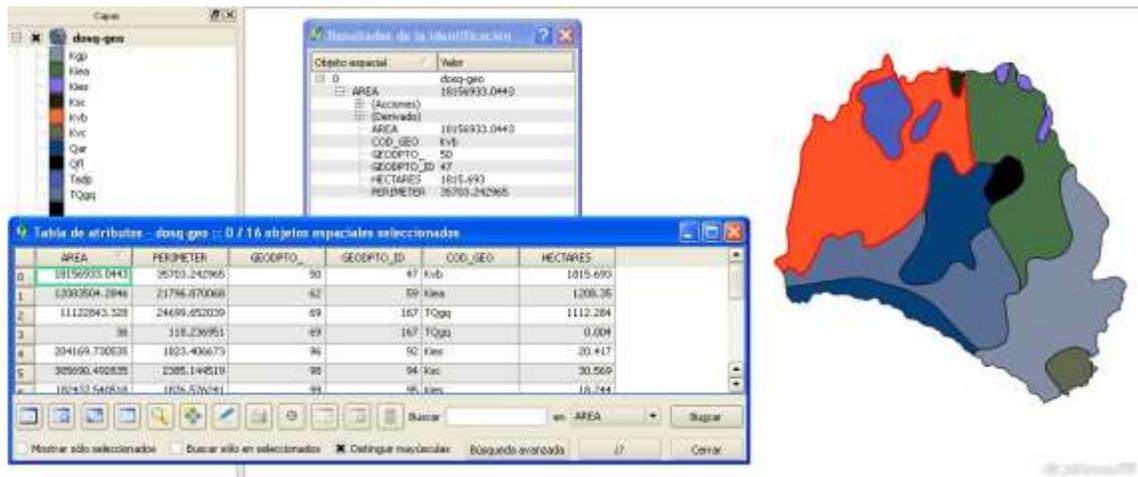
Fuente: Autor

Figura 14. Mapa base y componente numérico dosq-micros y dosq-riosordenes



Fuente: Autor

Figura 15. Base y componente numérico dosq-geo



Fuente: Autor

Figura 16. Mapa base y componente numérico dosqlim



Fuente: Autor

### 10.5.3 Formatos existentes

Los fenómenos de remoción en masa no solo se presentan en el eje cafetero sino en todo el país con mayor índice en la región andina, se generan en su gran mayoría por intervención humana (figura 17) como la construcción ilegal y sin normas técnicas de viviendas en zonas de riesgo, movimiento de tierras, escombros y basuras sobre laderas inclinadas y geotécnicamente inestables, ausencia de obras de canalización y conducción de aguas, excavaciones en la base de los taludes, sobrecargas y viviendas pesadas sobre laderas inestables, cultivos limpios sobre altas pendientes, daños en redes de alcantarillado, entre otras.

Figura 17. Fenómenos de remoción en masa comuna 14 de Bucaramanga<sup>107</sup>



Fuente: Prensa/Alcaldía de Bucaramanga. Foto en: [www.espectador.com](http://www.espectador.com)

Para el registro de información de campo se propone la ficha de caracterización y/o inventario de fenómenos de remoción en masa, suministrado por la Oficina

<sup>107</sup>Comuna 14 está incluida en el 'más importante' proyecto de gestión del riesgo de Colombia. En: Prensa Alcaldía de Bucaramanga. Últimas noticias Agosto 2012.

Municipal para la atención y prevención de desastres de la Alcaldía municipal de Dosquebradas y la Universidad Libre seccional Pereira, la cual tiene 5 secciones que se describen a continuación:

En la **sección 1** se recopilan datos generales, entre los cuales se tiene la fecha de inventario y ocurrencia del fenómeno, dirección, barrio, coordenadas geográficas (latitud, longitud, A.S.N.M) capturadas con GPS, evaluador.

La **sección 2** corresponde a la geología del terreno dónde se presenta el fenómeno de remoción en masa, esta sección se subdivide en:

Geología: El evaluador marca con una "X" la geología del terreno, tipo de material y el espesor en cm, lo que permite generar la columna estratigráfica o descripción de materiales (horizontes o estratos).

Descripción de materiales: Se marca con una "X" la descripción de materiales, textura del suelo, origen y color.

Morfométricas del fenómeno: pendiente (ángulo), Altura (mtrs), longitud total (mtrs), longitud cara libre (mtrs), marca con "X" la forma de la pendiente, forma de la masa desplazada, el volumen (mtrs cúbicos) y área (mtrs cuadrados).

Clasificación del movimiento: Se marca con "X" como el evaluador clasifica y subclasifica el movimiento.

Uso del suelo: Se marca con una "X" la dedicación del terreno (Pasto, arboles, café, etc.)

Adicionalmente se debe indicar la presencia de agua en el sitio, la cuenca o microcuenca y el estado de actividad (activo – inactivo – estabilizado – dormido)

La **sección 3** corresponde a los daños o implicaciones generadas por el fenómeno de remoción en masa categorizada en grave, moderada, leve o nula. En caso de daños se indica con una “X” el tipo de daño, la unidad y cantidad de elementos implicados.

En la **sección 4** se indican las causas detonantes o contribuyentes, que generaron el fenómeno y su origen (Naturales y antrópicas), según los valores disponibles en el formato.

La **sección 5** cuenta con espacio para un registro fotográfico y para que el evaluador redacte alguna recomendación u observación que considere necesaria al momento de realizar el inventario y caracterización del fenómeno de remoción en masa.

La figura 18, muestra la ficha de caracterización y/o inventario de fenómenos de remoción en masa, documento que se convierte en insumo fundamental para la concreción del diseño del software específicamente el artefacto **Documento de diseño de BD**.

Figura 18. Ficha de caracterización y/o inventario de fenómenos de remoción en masa

|  |                     |                |           |               |       |         |  |
|--|---------------------|----------------|-----------|---------------|-------|---------|--|
| <b>ALCALDIA DE DOSQUEBRADAS - UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA</b><br>OFICINA MUNICIPAL PARA LA ATENCION Y PREVENCION DE DESASTRES<br>FICHA DE CARACTERIZACION Y/O INVENTARIO DE FENOMENOS DE REMOCION EN MASA. |                     |                |           |               |       |         |  |
| FECHA:   |                     | LEVANTADO POR: |           | <b>1</b>      |       | BARRIO: |  |
| DIRECCION:   |                     | A.S.N.M.:      |           | FECHA EVENTO: |       |         |  |
| COORDENADAS:   |                     |                |           |               |       |         |  |
| Ladera natural:  | Ladera intervenida: | Explotacion:   | Basurero: | Ronda:        | Izda: | Dcha:   |  |

| <b>GEOLOGIA</b>                | <b>TIPO DE MATERIAL</b>            |  | <b>DESCRIPCION DE MATERIALES (x)</b>   |   | <b>USO DE SUELO</b>  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
|--------------------------------|------------------------------------|--|--|---|--|-----------|--------------|--------------------|---|--------------|--|------------------|---|------------------------|---|-------------------|---|---------------|---|------------------|---|------------------|---|-------------------|--|----------------|--|--------------|--|---------------------|--|---------------|--|--------------------|--|------------------------|--|-------|--|-------------|--|--|--|-------------------------|--|--|--|--------------|--|--|--|-------------|--|--|--|----------|--|--|--|
|                                | <b>SUELO</b>                       |  | TEXTURA DEL SUELO<br>Arcillosas<br>Limosa<br>Arenosa<br>Rocosa<br>Negro<br>Gris<br>Pardo<br>Amarillo<br>Rojo |   | Arboles  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
|                                | 1. Basuras... (Rb)                 | 1  |  |   | Platano  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
|                                | 2. Rell. antropico botado... (Rab) | 2  |  |   | Granadilla   |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
|                                | Hidraulico... (Rah)                | 2a   |  |   | Maracuya   |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
|                                | Conformado... (Rac)                | 2b   |  |   | Urbano   |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
|                                | 3. Limo organico... (Mo)           | 3  | Guadua   |   | Descubierto  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
|                                | 4. Cenizas y residuales... (Qc1)   | 4  | COLOR DEL SUELO<br>Pardo<br>Amarillo<br>Rojo   |   | <b>CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO</b><br>1. Caído<br>2. Inclinacion o volteo<br>3. Reptacion<br>4. Deslizamiento:<br>a. Rotacional<br>b. Translacional<br>c. Planar<br>5. Flujo:<br>a. Flujo en roca<br>b. Flujo de detritos<br>c. Flujo de suelo<br>d. Flujo de lodo<br>6. Esparcimiento lateral<br>7. Avalanchas<br>8. Complejo<br>9. Socavacion lateral<br>10. Erosion laminar:<br>a. Surcos<br>b. Carcavas<br>11. Asentamiento |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
|                                | Arena                              | 4a   |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
|                                | Limosas... (Qclm)                  | 4b   |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| Arcillosas... (Qclc)           | 4c                                 |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 5. Otros transportados         | 5                                  |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 6. Residuales de rocas... (Sr) | 6                                  | <b>MORFOLOGIA</b><br>Pendiente (Angulo)<br>Altura (m)<br>Longitud total (m)<br>Longitud cara libre<br>FORMA DE LA PENDIENTE<br>Plana o lisa<br>Concava<br>Convexa<br>FORMA DE LA MASA DESPLAZADA<br>A<br>Paralelepipedo<br>Prismatica<br>Rectangular<br>Cono<br>Volumen (m3)<br>Area (m2)  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| A                              | Nivel 1                            |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| B                              | Nivel 2                            |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| C                              | Nivel 3                            |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| D                              | Nivel 4                            |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| <b>ROCA</b>                    |                                    | <b>CUENCA / MICROCUENCA</b>  |  | <b>ESTADO DE ACTIVIDAD (x)</b><br>1. Activo<br>2. Inactivo<br>3. Dormido<br>4. Estabilizado |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 7. Flujos volcanicos... (FQfv) | 7                                  |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 8. Roca ignea... (Ri)          | 8                                  |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 9. Roca metamorfica... (Rm)    | 9                                  |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 10. Roca sedimentaria... (Rs)  | 10                                 |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 11. Depositos de caida... (Qc) | 11                                 | <b>DANOS: Implicaciones (Grave, Moderada, Leve, Nulas)</b><br><table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>UNID.</th> <th>CANT.</th> <th>IMPLICACIONE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1. Viviendas</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2. Via principal</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3. Via secundaria</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4. Via terciaria</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5. Alcantarillado</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6. Acueducto</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7. Puente</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8. Obras de contencion</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9. Cultivos</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10. Zona social, cancha</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11. Hospital</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12. Escuela</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13. Otro</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> |  | DESCRIPCION   | UNID.  | CANT.     | IMPLICACIONE | 1. Viviendas       |   |              |  | 2. Via principal |   |                        |   | 3. Via secundaria |   |               |   | 4. Via terciaria |   |                  |   | 5. Alcantarillado |  |                |  | 6. Acueducto |  |                     |  | 7. Puente     |  |                    |  | 8. Obras de contencion |  |       |  | 9. Cultivos |  |  |  | 10. Zona social, cancha |  |  |  | 11. Hospital |  |  |  | 12. Escuela |  |  |  | 13. Otro |  |  |  |
| DESCRIPCION                    | UNID.                              |  |  | CANT.   | IMPLICACIONE   |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 1. Viviendas                   |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 2. Via principal               |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 3. Via secundaria              |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 4. Via terciaria               |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 5. Alcantarillado              |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 6. Acueducto                   |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 7. Puente                      |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 8. Obras de contencion         |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 9. Cultivos                    |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 10. Zona social, cancha        |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 11. Hospital                   |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 12. Escuela                    |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 13. Otro                       |                                    |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| A                              | Nivel 1                            |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| B                              | Nivel 2                            |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| C                              | Nivel 3                            |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| D                              | Nivel 4                            |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| <b>HUMEDAD (x)</b>             |                                    | <b>CAUSAS</b><br>Detonantes (D) y Contribuyentes (C) <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">NATURALES</th> <th colspan="2">ANTROPICA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alta precipitacion</td> <td>D</td> <td>Vertimientos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sismo</td> <td>C</td> <td>Obstruccion de drenaje</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td>Erosion hidrica</td> <td>C</td> <td>Deforestacion</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td>Sobrec. Vegetal</td> <td>D</td> <td>Mal uso de suelo</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>Sobrec. Material</td> <td></td> <td>Sobrec. Llenos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Socavacion</td> <td></td> <td>Sobrec. Edificacion</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tipo de suelo</td> <td></td> <td>Corte y excavacion</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pendiente</td> <td></td> <td>Otra:</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>  |  | NATURALES   |  | ANTROPICA |              | Alta precipitacion | D | Vertimientos |  | Sismo            | C | Obstruccion de drenaje | D | Erosion hidrica   | C | Deforestacion | D | Sobrec. Vegetal  | D | Mal uso de suelo | C | Sobrec. Material  |  | Sobrec. Llenos |  | Socavacion   |  | Sobrec. Edificacion |  | Tipo de suelo |  | Corte y excavacion |  | Pendiente              |  | Otra: |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| NATURALES                      |                                    |  |  | ANTROPICA   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| Alta precipitacion             | D                                  |  |  | Vertimientos  |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| Sismo                          | C                                  |  |  | Obstruccion de drenaje  | D  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| Erosion hidrica                | C                                  |  |  | Deforestacion   | D  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| Sobrec. Vegetal                | D                                  | Mal uso de suelo   | C  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| Sobrec. Material               |                                    | Sobrec. Llenos   |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| Socavacion                     |                                    | Sobrec. Edificacion  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| Tipo de suelo                  |                                    | Corte y excavacion   |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| Pendiente                      |                                    | Otra:  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 1. Seco                        | 3. Mojado                          |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |
| 2. Humedo                      | 4. Muy mojado                      |  |  |   |  |           |              |                    |   |              |  |                  |   |                        |   |                   |   |               |   |                  |   |                  |   |                   |  |                |  |              |  |                     |  |               |  |                    |  |                        |  |       |  |             |  |  |  |                         |  |  |  |              |  |  |  |             |  |  |  |          |  |  |  |

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>ESQUEMA</b>        |  |
| REGISTRO FOTOGRAFICOS |  |
| <b>5</b>              |  |

Fuente: Oficina Municipal para la atención y prevención de desastres/Alcaldía de Dosquebradas/ Universidad Libre seccional Pereira

#### 10.5.4 Captura de datos en campo con dispositivos móviles

La captura de datos en terreno se lleva a cabo con dispositivos móviles equipados con GPS, puede ser un teléfono inteligente o un GPS los cuales brindan buena calidad y precisión del trabajo en campo, en la investigación se recurrió al dispositivo móvil GARMIN eTrex H, Personal Navigator (figura 19) y al módulo móvil LBS, para la georeferenciación de los fenómenos de remoción en masa.

Figura 19. Dispositivo móvil GPS Garmin eTrex H



Fuente: Autor

#### 10.5.4.1 Sobre el manejo del equipo

- La carga de la batería tiene una duración de aproximadamente 72 horas de operación continua.
- La antena está integrada al equipo y siempre esta activada.
- Se debe probar que el dispositivo móvil esté funcionando correctamente antes del trabajo de campo.

#### 10.5.4.2 Sobre la captura de datos

- Se deben leer las guías de uso antes de salir al trabajo de campo y realizar las consultas necesarias.<sup>108</sup>
- La recepción de señal del GPS es muy difícil en espacios cerrados por tal motivo en el momento de la georeferenciación la persona encargada de la captura de datos debe situarse preferiblemente en un lugar abierto y despejado (alejado de construcciones, árboles) por ejemplo canchas deportivas, jardines, plazoletas, etc. Dado el caso que se desee georeferenciar una edificación que no tenga espacios al aire libre debe situarse en el frente de ella.
- Una vez se active el receptor GPS este durará entre 5 a 15 minutos aproximadamente en recibir señal.
- Solo se debe capturar un solo punto por fenómeno, además de registrar y validar la información necesaria en el dispositivo.
- Revise la información antes de retirarse del sitio.

---

<sup>108</sup> GARMIN. [http://static.garmincdn.com/pumac/eTrexH\\_OwnersManual.pdf](http://static.garmincdn.com/pumac/eTrexH_OwnersManual.pdf)

#### 10.5.4.3 Parámetros clave para la captura de datos

Los datos deben ser correctamente capturados para garantizar la fiabilidad y la precisión al momento de ser utilizados, por tal motivo deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros en el proceso de captura de datos con los dispositivos móviles:

- DATUM: MAGNA / WGS84
- FORMATO: Grados – Minutos - Segundos
- UNIDADES: Sistema Sexagesimal
- HUSO HORARIO: UTC -5 Colombia

### 10.6 MODELADO DEL NEGOCIO

#### 10.6.1 Operación del sistema

La infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño, que soporte la integración con aplicaciones Web GIS utilizando LBS (*Location Based Services*), debe ser un sistema de información integrado de fácil implementación, de bajo costo, que permita tomar la cartografía almacenada en diferentes formatos y sistemas de almacenamiento y exponer estos productos cartográficos en un ambiente web que incrementen las posibilidades de uso de los mismos, que garantice el intercambio de información geográfica, obteniendo de esta forma una mayor interoperabilidad entre las partes que usan los productos cartográficos, fácil de usar y accesible desde cualquier dispositivo tanto para la visualización como captura de datos a través de los servicios basados en

localización (LBS), al contar con una arquitectura ágil para visualizar, mapear, analizar y compartir información en constante cambio y actualización.

La secuencia lógica que permita la operación debe ser:

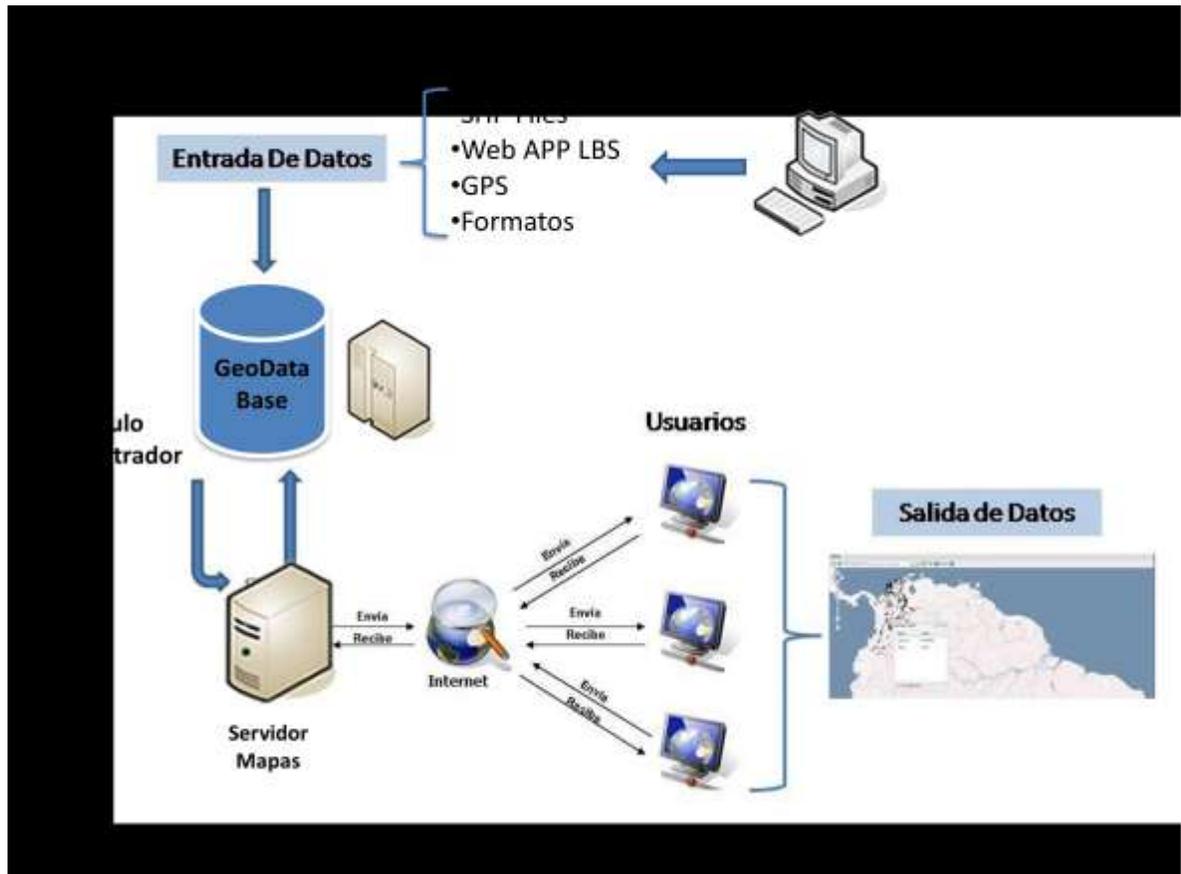
- Debe existir una infraestructura tecnológica GIS o Infraestructura de datos espaciales.
  - Servidor de Mapas
  - GeoDataBase
- Proceso de Entrada de Datos (AppWeb GIS – LBS)
- Otros Procesos (Orígenes de datos - Capas - Estilos)
- Consultas Geoespaciales / Salida de datos

#### 10.6.2 Funcionalidad del sistema

Tal como lo muestra la figura 20, la funcionalidad de la infraestructura tecnológica (GIS), expresada en “servicios” como patrón de diseño, para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa, está integrada en único sistema, que desde el punto de vista arquitectónico puede ser dividida en múltiples módulos o componentes, desde el punto de vista funcional, se descompone en tres módulos dependiendo de la interacción con los diferentes tipos de usuario que hacen uso de la herramienta, los usuarios identificados son:

- Usuario no registrado - Usuario registrado - Usuario administrador

Figura 20. Funcionalidad del sistema



Fuente: Autor

Los módulos identificados son:

**Módulo general:** A este módulo tiene acceso cualquier usuario, esté o no registrado en el sistema, el acceso lo hace a través de un visor de mapas Web, y podrá, consultar, buscar y descargar mapas por diferentes parámetros, los resultados de las consultas se visualizan gráficamente en el visor de mapas.

**Módulo de usuario:** El acceso está restringido a usuarios existentes en el sistema que y que se validen mediante el *Proceso Login*, cada usuario tiene un perfil y dependiendo de este, realizar acciones específicas en el sistema, este tipo de usuarios accede al sistema a través de la AppWeb GIS y las opciones que estén disponibles en este.

**Módulo de administrador:** Este usuario tiene privilegios especiales actuando tanto como administrador de la AppWeb GIS y como administrador de la infraestructura tecnológica GIS implementada.

## 10.7 VISION

El propósito de este documento es recoger, analizar y definir las necesidades y características del desarrollo de una AppWeb GIS utilizando LBS (*Location Based Services*), para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa. Se centra en las capacidades necesarias y los stakeholders.

Los detalles de cómo la AppWeb GIS utilizando LBS, satisface estas necesidades se detallan con el listado de requisitos funcionales (RF) y requisitos no funcionales (RNF).

### 10.7.1 Participantes.

Los participantes en el proyecto de investigación se detallan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Participantes del proyecto

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Participante</b>     | <b>Raúl Alberto Gaviria</b>                        |
| <b>Rol</b>              | Ingeniero de Software – Desarrollador - Integrador |
| <b>Es desarrollador</b> | Sí   |
| <b>Es cliente</b>       | No   |
| <b>Es usuario</b>       | No   |
| <b>Participante</b>     | <b>Beneficiario</b>                                |
| <b>Rol</b>              | Fuente de información                              |
| <b>Es desarrollador</b> | No   |
| <b>Es cliente</b>       | Sí   |
| <b>Es usuario</b>       | No   |
| <b>Participante</b>     | <b>Alejandro Álzate Buitrago</b>                   |
| <b>Rol</b>              | Director del Proyecto                              |
| <b>Es desarrollador</b> | No   |
| <b>Es cliente</b>       | Sí   |
| <b>Es usuario</b>       | Sí   |

Fuente: Autor

### 10.7.2 Actores.

Los actores se describen a en el cuadro 10.

Cuadro 10. Actores del Sistema

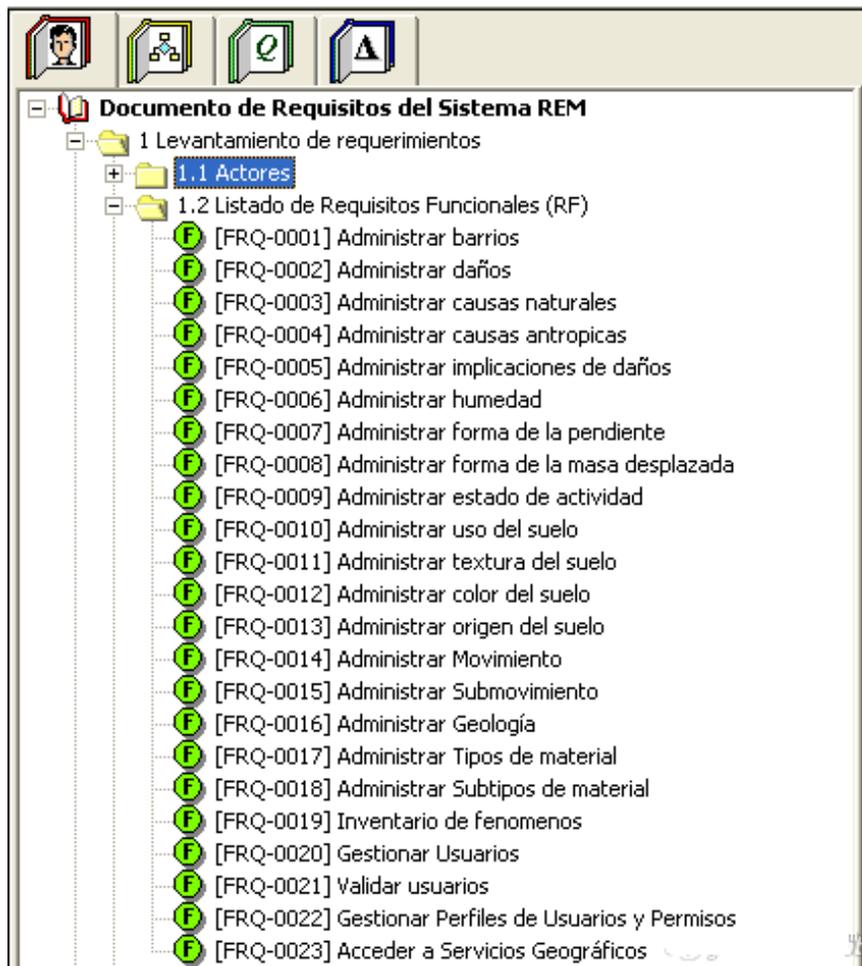
|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>ACT-0001</b>    | <b>Administrador del sistema</b>   |
| <b>Versión</b>     | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>     | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>     | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Descripción</b> | Este actor representa <i>Usuario del sistema con derechos administrativos para crear, modificar y borrar datos sobre las tablas maestras, auxiliares e intermedias</i> |
| <b>ACT-0002</b>    | <b>Encuestador</b>   |
| <b>Versión</b>     | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>     | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>     | <a href="#">Alejandro Álzate Buitrago</a>  |
| <b>Descripción</b> | Este actor representa <i>Usuario del sistema que realiza trabajo de campo caracterizando e inventariando los fenómenos de remoción en masa</i>                         |
| <b>ACT-0003</b>    | <b>Usuario</b>   |
| <b>Versión</b>     | 1.0 ( 27/11/2014 )   |
| <b>Autores</b>     | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>     | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Descripción</b> | Este actor representa <i>a un administrador, un encuestador o cualquier usuario de servicios cartográficos a través de la Web o un cliente SIG de escritorio</i>       |

Fuente: Autor

### 10.7.3 Listado de requisitos (RF – RNF)

Los requisitos funcionales (RF) obtenidos durante el levantamiento de requisitos se muestran en la figura 21, y se detallan en el **ANEXO A**: Listado de requisitos funcionales y no funcionales.

Figura 21. Listado de requisitos funcionales.



Fuente: Autor

Los requisitos no funcionales (RNF) se muestran en la figura 22, y se detallan en el **ANEXO A**: Listado de requisitos funcionales y no funcionales.

Figura 22. Listado de requisitos no funcionales.

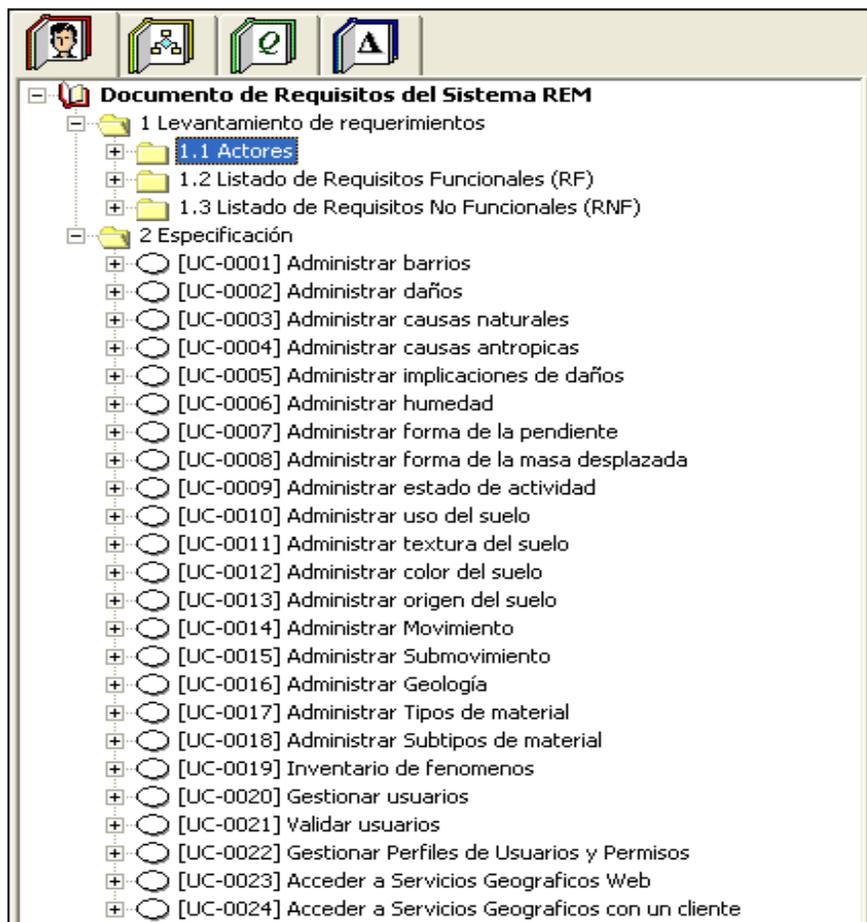


Fuente: Autor

## 10.8 ESPECIFICACION DE REQUISITOS

Se muestra a continuación (figura 23) los requisitos especificados y su detalle a partir de plantillas de casos de uso (véase **ANEXO B**: Especificación de requisitos), describiendo la interacción entre usuarios y el sistema, sin ahondar en aspectos técnicos del desarrollo de los productos de software, esta especificación se constituye en el insumo fundamental para las fases siguientes, incluyendo la codificación.

Figura 23. Especificación de requisitos.



Fuente: Autor

## 10.9 CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA SIG.

Desde una perspectiva investigativa para dar cumplimiento del objetivo específico “Caracterizar y seleccionar la infraestructura tecnológica basada en software libre, adecuada para la implementación de geographic information system (GIS) expresada en servicios”, después de realizar los planteamientos teóricos necesarios, se debe identificar, describir los componentes y los estándares de manejo de información geográfica.

Para la caracterización de la infraestructura tecnológica adecuada se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

Cumplimiento de estándares, licenciamiento y adaptabilidad al problema.

### 10.9.1.1 Cumplimiento de los estándares.

La interoperabilidad, o la capacidad de los sistemas heterogéneos en comunicarse, intercambiar recursos y trabajar en conjunto, a menudo es limitada debido a la heterogeneidad de los datos espaciales, la heterogeneidad es resultado de los métodos de recolección de datos, análisis, los formatos de archivos o el software usado para crear, almacenar y modificar los datos disponibles en la web.

La heterogeneidad plantea un problema importante en especial el intercambio de datos y la interoperabilidad de estándares y datos, como solución a esta problemática y gracias al rápido desarrollo y adopción de los servicios y estándares de código abierto que proporcionan una base estable para el desarrollo, el crecimiento, y el uso de sistemas de información geográficos expresados en servicios, el Open Geospatial Consortium (OGC) como facilitador de servicios web geospaciales de código abierto y en Colombia, la infraestructura de datos espaciales (IDEC) quien materializa los servicios y estándares definidos por el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica –CTN 028 a partir de la adopción de Estándares del Comité Técnico ISO/TC 211 y en últimas los propuestos por el Open Geospatial Consortium (OGC), garantiza la interoperabilidad de estos estándares (Figura 24).

Figura 24. Interoperabilidad de estándares en Colombia.



Fuente: Autor.

Es claro que los estándares web geoespaciales de código abierto constituyen el marco para la incorporación y el intercambio de conjuntos de datos espaciales heterogéneos y la superación de los problemas de interoperabilidad y el intercambio de datos.

La adopción de los servicios y estándares de código abierto en Colombia se traducen en estándares:

- OFICIALES

- NTC 5204 - Precisión de redes geodésicas

- NTC 5205 - Precisión de datos espaciales

- NTC 4611 - Metadato Geográfico

- NTC 5043 - Calidad de los datos geográficos

- NTC 5660 - Eval. de calidad, procesos y medidas

- NTC 5661 – Metodología para la catalogación de OG

- NTC 5662 - Especificaciones técnicas de productos geográficos

- NTC 5798 - Referencia espacial por coordenadas

- EN PROCESO DE OFICIALIZACIÓN

- DE 121 - Referencia espacial por identificadores

- DE 122 - Esquema temporal

- DE 123 - Terminología

- DE 203 - Interfaces de servicios web de mapas

- EN ELABORACIÓN

- PNT - Guía de implementación de interfaz de servidor de mapas web - WMS

- PNT - Levantamientos topográficos

Estándares que incluyen los propuestos por la OGC, Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS) y servicio de cobertura Web (WCS), Por lo tanto la herramienta de desarrollo SIG expresada en servicios debe cumplir con al menos estos estándares y/o servicios.

#### 10.9.1.2 Adaptabilidad al problema

La infraestructura seleccionada debe permitir su integración con las ya existentes, escalabilidad, eficiencia y acceso desde locaciones y equipos remotos, facilitar la emisión/recepción de peticiones a un servidor de información geográfico y la visualización de resultados en una interfaz gráfica vía Web, es decir la infraestructura a seleccionar, corresponde a una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE).

Esta infraestructura debe tener una **Arquitectura Orientada en servicios o expresada servicios (SOA) tipo cliente/servidor**, de tres niveles dónde se intercambie información entre un cliente y un servidor a través de una red.

El principal servicio, WFS (*Web Feature Service*), es utilizado en esta arquitectura para proporcionar a los usuarios acceso a la información espacial a través de una red distribuida, pero requiere de componentes o servicios adicionales de software como WCS (*Web Coverage Service*), WMS (*Web Map Service*) para permitir crear, editar, y consultar información en línea.

El estándar WFS permite a los usuarios solicitar información utilizando una de las tres operaciones básicas de solicitud: *GET CAPABILITIES*, *DESCRIBE FEATURES TYPE* y *GET FEATURES*. Estas solicitudes le dicen al servidor geográfico, qué componentes de la WFS debe retornar al usuario, una solicitud *GET CAPABILITIES* retorna un documento XML que enumera todas las funciones disponibles para el usuario, retorna descripciones de las propiedades y características solicitadas (atributos y sistema de referencia espacial).<sup>109</sup>

Existen diversos software clientes SIG, servidor de mapas e infraestructuras de datos espaciales, tanto propietarios como de código abierto que tienen capacidades para crear, publicar, o acceder a componentes WFS (*Web Feature Service*), cada uno de ellos con una variada gama de posibilidades, con especificaciones únicas para crear, publicar o acceder a este servicio (WFS), lo cual pueden afectar la solidez resultante del servicio, de estos servidores se descarta de facto las soluciones propietarias debido al alcance del presente proyecto, aunque solo por mencionarla, la solución de este tipo más popular a nivel mundial es ***ArcGIS for Server***, según lo anterior, la selección de la infraestructura tecnológica más adecuada, pasa por los siguientes aspectos:

- El cumplimiento de estándares del OGC y que pertenezcan al proyecto OSGeo.
- Poseer una Arquitectura Orientada en servicios o expresada servicios (SOA) tipo cliente servidor.
- Uso de licencia FOSS o FLOSS (*free/libre and open source software*)
- Facilidad de uso y robustez.
- Tiempo de desarrollo

---

<sup>109</sup> OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Feature Service. [https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=7174](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=7174)

La fuente de información para la comparación es el proyecto OsGeo (Fundación para el Código Abierto Geoespacial), el encabezado de las figuras de descripción de productos se describen a continuación (Figura 25).

Figura 25. Encabezado de descripción de servidores de mapas.

| Name | Year | OSGeo | Live | License | Ohloh | Tech |
|------|------|-------|------|---------|-------|------|
|------|------|-------|------|---------|-------|------|

Fuente: OsGeo. [http://wiki.osgeo.org/wiki/Panorama\\_SIG\\_Libre\\_2014/Servidores](http://wiki.osgeo.org/wiki/Panorama_SIG_Libre_2014/Servidores)

- Name:** Nombre del producto
- Year:** Año de aparición del producto como *Software Libre*
- OSGeo:** Indica si el producto forma parte de OsGeo, especificando si el producto está Graduado (estable) o en Incubación (release).
- Live:** Indica si el producto forma parte del *Live DVD* que empaqueta el proyecto OsGeo Live.
- License:** Licencia con la que se distribuye el producto
- Ohloh:** Enlace, si existe, a la página del producto en la web de estadísticas de proyecto de software Libre Ohloh.net (<http://ohloh.net>)
- Tech:** Indica la tecnología principal con la que se ha desarrollado el producto.

En la figura 26 se presentan las características principales de los servidores de mapas según la OsGeo.

Figura 26. Información general sobre servidores geográficos.

| Name                                | Year  | OSGeo            | Live | License                    | Ohloh                                | Tech   |
|-------------------------------------|-------|------------------|------|----------------------------|--------------------------------------|--------|
| <a href="#">MapServer</a>           | 1994  | G                | ✓    | <a href="#">Estilo MIT</a> | <a href="#">ohloh</a>                | C/C++  |
| <a href="#">deegree</a>             | 1998  | G                | ✓    | <a href="#">LGPL</a>       | <a href="#">ohloh</a>                | Java   |
| <a href="#">GeoServer</a>           | 2001  | G                | ✓    | <a href="#">GPL2</a>       | <a href="#">ohloh</a>                | Java   |
| <a href="#">GeoNetwork</a>          | 2003  | G                | ✓    | <a href="#">GPL 2</a>      | <a href="#">ohloh</a>                | Java   |
| <a href="#">52°north SOS</a>        | 2004? | ⊗                | ✓    | <a href="#">GPL</a>        | <a href="#">ohloh</a>                | Java   |
| <a href="#">MapGuide OpenSource</a> | 2005  | G                | ⊗    | <a href="#">LGPL</a>       | <a href="#">ohloh</a>                | C++    |
| <a href="#">PyWPS</a>               | 2006  | ⊗                | ⊗    | <a href="#">GPL 2</a>      | <a href="#">ohloh</a> <sup>[1]</sup> | Python |
| <a href="#">GeoWebCache</a>         | 2007  | ⊗                | ✓    | <a href="#">LGPL</a>       | <a href="#">ohloh</a>                | Java   |
| <a href="#">TileCache</a>           | 2007  | ⊗                | ⊗    | <a href="#">BSD</a>        | <a href="#">ohloh</a>                | Python |
| <a href="#">52°north WPS</a>        | 2008? | ⊗                | ✓    | <a href="#">GPL 2</a>      | <a href="#">ohloh</a>                | Java   |
| <a href="#">MapProxy</a>            | 2010  | ⊗                | ✓    | <a href="#">Apache</a>     | <a href="#">ohloh</a>                | Python |
| <a href="#">PyCSW</a>               | 2010  | I                | ✓    | <a href="#">MIT</a>        | <a href="#">ohloh</a>                | Python |
| <a href="#">QGIS Server</a>         | 2010  | G <sup>[2]</sup> | ✓    | <a href="#">GPL</a>        | <a href="#">ohloh</a>                | C++    |
| <a href="#">TileStache</a>          | 2010  | ⊗                | ⊗    | <a href="#">BSD</a>        | <a href="#">ohloh</a>                | Python |
| <a href="#">ZOO Project</a>         | 2010  | I                | ✓    | <a href="#">MIT/X11</a>    | <a href="#">ohloh</a>                | C/C++  |
| <a href="#">EOxServer</a>           | 2011  | ⊗                | ✓    | <a href="#">MIT Style</a>  | <a href="#">ohloh</a>                | Python |
| <a href="#">TileStream</a>          | 2011  | ⊗                | ⊗    | <a href="#">BSD?</a>       | ⊗                                    | NodeJS |

Fuente: OsGeo. [http://wiki.osgeo.org/wiki/Panorama\\_SIG\\_Libre\\_2014/Servidores](http://wiki.osgeo.org/wiki/Panorama_SIG_Libre_2014/Servidores)

La figura 27 muestra la implementación de estándares OGC por parte de los servidores analizados.

Figura 27. Implementación estándares OGC

| Nombre              | WMS              | WFS | WFS-T            | WCS              | WMTS             | TMS              | WPS | SOS | CSW |
|---------------------|------------------|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|-----|-----|-----|
| MapServer           | ✓                | ✓   | ✓ <sup>[3]</sup> | ✓                | ✓ <sup>[4]</sup> | ✓ <sup>[4]</sup> | ⊗   | ✓   | ⊗   |
| deegree             | ✓                | ✓   | ✓                | ✓                | ✓                | ⊗                | ✓   | ⊗   | ✓   |
| GeoServer           | ✓                | ✓   | ✓                | ✓                | ✓ <sup>[5]</sup> | ✓ <sup>[5]</sup> | ✓   | ⊗   | ✓   |
| GeoNetworkK         | ⊗                | ⊗   | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗   | ⊗   | ✓   |
| 52north SOS         | ⊗                | ⊗   | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗   | ✓   | ⊗   |
| MapGuide OpenSource | ✓                | ✓   | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗   | ⊗   | ⊗   |
| PyWPS               | ⊗                | ⊗   | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ✓   | ⊗   | ⊗   |
| GeoWebCache         | ✓                | ⊗   | ⊗                | ⊗                | ✓                | ✓                | ⊗   | ⊗   | ⊗   |
| TileCache           | ⊗                | ⊗   | ⊗                | ⊗                | ✓                | ✓                | ⊗   | ⊗   | ⊗   |
| 52north WPS         | ⊗                | ⊗   | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ✓   | ⊗   | ⊗   |
| MapProxy            | ✓                | ⊗   | ⊗                | ⊗                | ✓                | ✓                | ⊗   | ⊗   | ⊗   |
| PyCSW               | ⊗                | ⊗   | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗   | ⊗   | ✓   |
| QGIS Server         | ✓                | ✓   | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗   | ⊗   | ⊗   |
| TileStache          | ⊗                | ⊗   | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ✓                | ⊗   | ⊗   | ⊗   |
| Zoo Project         | ⊗                | ⊗   | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ✓   | ⊗   | ⊗   |
| EOxServer           | ✓ <sup>[6]</sup> | ⊗   | ⊗                | ✓ <sup>[6]</sup> | ⊗                | ⊗                | ⊗   | ⊗   | ⊗   |
| TileStream          | ⊗                | ⊗   | ⊗                | ⊗                | ⊗                | ✓                | ⊗   | ⊗   | ⊗   |

Fuente: OsGeo. [http://wiki.osgeo.org/wiki/Panorama\\_SIG\\_Libre\\_2014/Servidores](http://wiki.osgeo.org/wiki/Panorama_SIG_Libre_2014/Servidores)

Lo anterior permite seleccionar al menos tres servidores de mapas que cumplen con los aspectos indicados para su selección, estos son: MapServer (versión 6.4.1), GeoServer (versión 2.6.1) y Deegree (versión 3.3.13).

Estos tres servidores trabajan en los principales sistemas operativos, permiten múltiples formatos de entrada, cumplen con los estándares OGC, tienen comunidades muy activas con soporte y actualizaciones permanentes (Tabla 8).

Tabla 8. Comparación de MapServer, GeoServer, y Deegree.

| <b>Categoría</b>                      | <b>MapServer</b>  | <b>GeoServer</b>  | <b>Deegree</b>  |
|---------------------------------------|---|---|---|
| <b>Website</b>                        | <a href="http://www.mapserver.org">http://www.mapserver.org</a>   | <a href="http://geoserver.org">http://geoserver.org</a>   | <a href="http://www.deegree.org">http://www.deegree.org</a>   |
| <b>Sistema Operativo Soportado</b>    | Windows, Linux, Mac OSX   | Windows, Linux, Mac OSX   | Windows, Linux  |
| <b>Licencia</b>                       | Open Source (Estilo MIT)  | Open Source (GPL2)  | Open Source (LGPL)  |
| <b>Interface</b>                      | Línea de comandos e interface gráfica si se instala por separado.   | Interfaz gráfica de usuario (web)   | Graphical user interface  |
| <b>Formatos de entrada soportados</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vector: shapefile, TIGER, etc.</li> <li>• Raster: TIFF, GeoTIFF, JPEG, GIF, PNG, etc.</li> <li>• Databases: Microsoft SQL, Oracle, PostGIS/PostgreSQL, etc.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vector: shapefile, TIGER, etc.</li> <li>• Raster: TIFF, GeoTIFF, JPEG, GIF, PNG, etc.</li> <li>• Databases: Microsoft SQL, Oracle, PostGIS/PostgreSQL, etc.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vector: shapefile, TIGER, etc.</li> <li>• Raster: TIFF, GeoTIFF, JPEG, GIF, PNG, etc.</li> <li>• Databases: Microsoft SQL, Oracle, PostGIS/PostgreSQL, etc.</li> </ul> |
| <b>Estándares/Web services OGC</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• WMS</li> <li>• WFS</li> <li>• WCS</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• WMS</li> <li>• WFS</li> <li>• WCS</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• WMS</li> <li>• WFS</li> <li>• WCS</li> </ul>   |

Fuente: Autor / Recopilación sitios Web de cada herramienta

Según lo anterior las tres herramientas son viables para su selección, aun así la selección de un servidor de mapas no necesariamente da solución al problema de investigación, por lo tanto se debe escalar a una solución tipo IDE (Infraestructura de Datos Espaciales), basada en un servidor de mapas, la mejor alternativa es, entonces seleccionar Geoserver en su versión IDE, lo cual corresponde a OpenGeo Suite, infraestructura que se describe a continuación, aunque para información más detallada se puede recurrir a su sitio Web.

### 10.9.1.3 OpenGeo Suite como Infraestructura tecnológica seleccionada

“OpenGeoSuite es una plataforma geoespacial completa para la gestión de mapas y aplicaciones a través de navegadores web, equipos de escritorio y dispositivos móviles [Con arquitectura Cliente/Servidor y orientado a servicios]. Construido sobre código abierto, cuenta con una arquitectura robusta y flexible que permite gestionar y publicar datos geoespaciales fácilmente”<sup>110</sup>.

Sus principales características son:

- Implementa arquitectura cliente/Servidor SOA.
- Disponible para diferentes sistemas operativos: Windows, Mac OS X, CentOS/RHEL, Fedora, Ubuntu y Application Servers.
- Cumple con los estándares de la OGC
  - Web Feature Service (WFS) 1.0, 1.1, 2.0
  - Web Map Service (WMS) 1.1.1, 1.3
  - Web Coverage Service (WCS) 1.1.0
  - Web Processing Service (WPS) 1.0.0
  - Styled Layer Descriptor (SLD) 1.0.0, 1.1.0
  - Geography Markup Language (GML) 2.1.2, 3.0, 3.1.1, 3.2.1
  - Keyhole Markup Language (KML) 2.2.0
  - SQL Simple Features 1.0
  - Filter Encoding 1.1
- Se integra con los sistemas existentes (propietarios u *open source*), como **Google, Oracle, ESRI y Microsoft**.

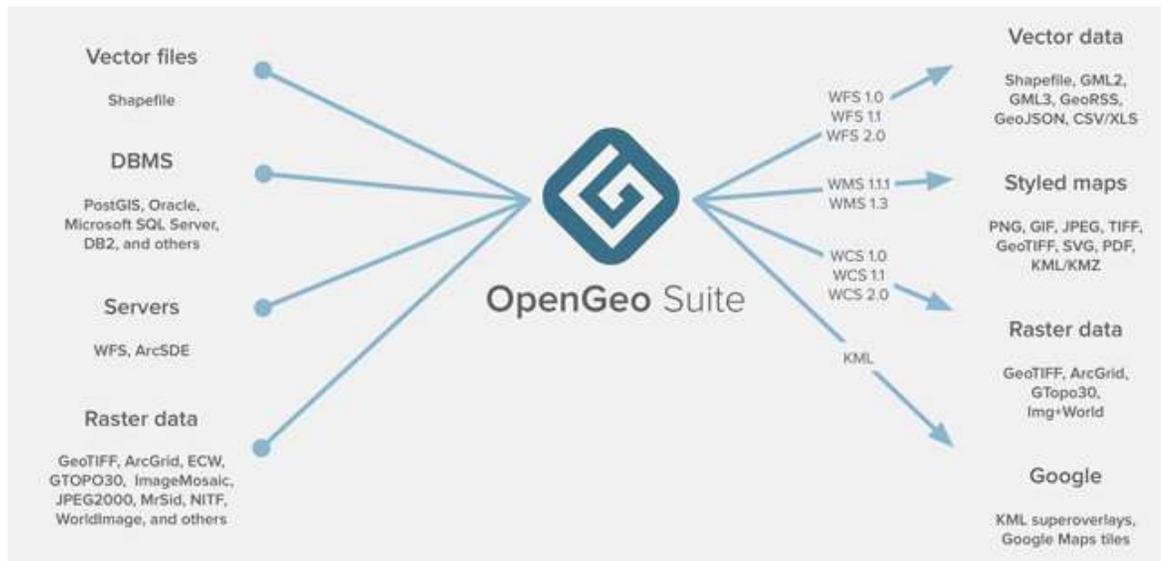
---

<sup>110</sup>OPENGEO SUITE. Boundless. Versión 4.1.1. <http://boundlessgeo.com/solutions/opengeo-suite/>

- Es OPEN SOURCE, está construido con componentes de código abierto.
- OpenGeo se construye sobre **PostGis**, una base de datos espacial; **GeoServer**, un servidor de datos y mapas compatible con los estándares; **GeoWebCache**, una acelerador de la visualización de los mapas y servidor de los mosaicos de mapas; y **GeoExt**, un cliente API de mapas construido sobre **OpenLayers**.
- Está diseñado para manejar millones de peticiones por hora.
- Soporta múltiples bases de datos e imágenes vectoriales y raster  
Oracle Spatial, PostgreSQL / PostGIS, Esri ArcSDE, IBM DB2, Microsoft SQL Server  
Esri Shapefile, MapInfo MIF/MID, TIFF, GeoTIFF, BigTIFF, ECW, JPEG2000, MrSID, GTOPO30
- Formatos de salida  
KML, GML, Shapefile, GeoRSS, GeoJSON, CSV, Excel, PDF, SVG, JPEG, GIF, PNG

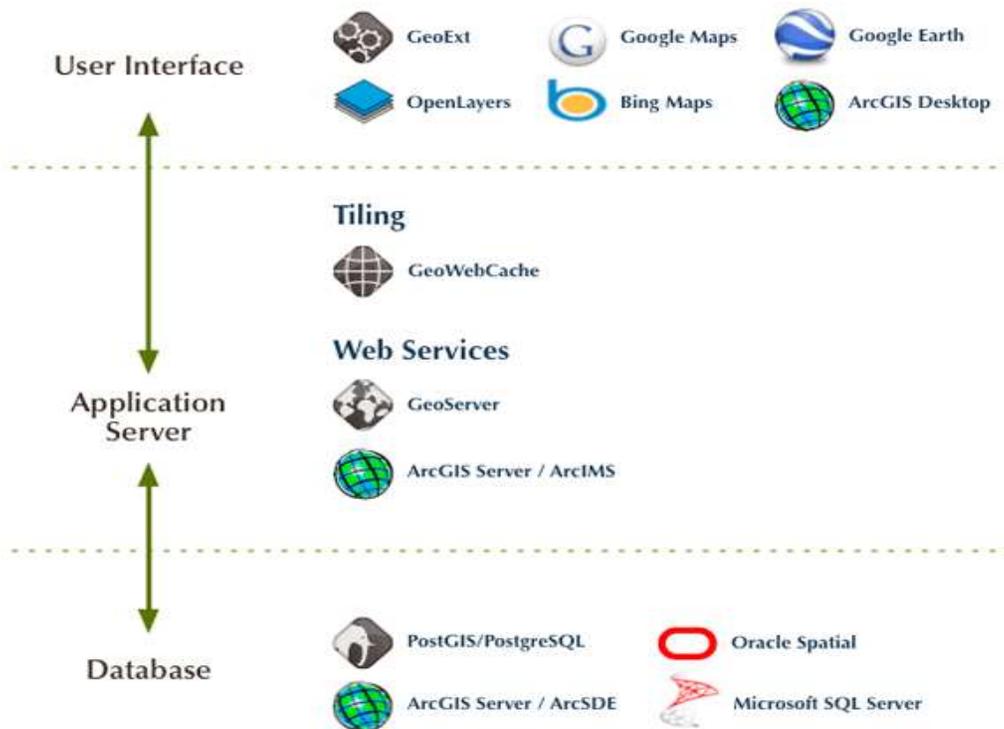
Toda esta interoperabilidad se resume en la figura 28 y las capas del modelo arquitectónico y sus componentes en la figura 29.

Figura 28. Interoperabilidad IDE OpenGeo Suite



Fuente: Boundlessgeo

Figura 29. Modelo arquitectónico y componentes de OpenGeo Suite



Fuente: Boundlessgeo

Dónde sus componentes fundamentales son:

**GeoExt:** Es una biblioteca JavaScript que permite la creación de aplicaciones cartográficas en la web. Combina OpenLayers con Ext JS lo que permite un entorno gráfico ágil y funcional de mapas.

**OpenLayers:** Es una biblioteca JavaScript para visualizar o editar datos geoespaciales en cualquier cliente SIG (Escritorio, navegador web o dispositivo móvil). OpenLayers es desarrollado para promover el uso de la información geográfica de todo tipo y poder mostrar o manipular mosaicos de mapas y sus características de muchas fuentes.

**PostGis:** Es una extensión de base de datos espaciales para la base de datos objeto-relacional PostgreSQL, añade soporte para objetos geográficos que permiten consultas de ubicación para ejecutarse en SQL.

**Geoserver:** Es servidor de mapas, permite compartir, analizar y editar datos geoespaciales de fuentes de datos espaciales utilizando estándares abiertos del OGC

**GeoWebCache:** Es un componente construido dentro de Geoserver que acelera la visualización de mapas en pequeños mosaicos.

**GeoExplorer** es un visor de mapas Web que permite editar mapas, dar estilos gráficos y publicar mapas.

**QGIS:** Una aplicación de escritorio para trabajar con mapas y datos Geoespaciales.

## 10.10 PROTOTIPOS DE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

A continuación se presentan las principales interfaces gráficas que se deben desarrollar, para ello se ha tomado como patrón de diseño el **GRID**, por lo tanto todas las interfaces deben cumplir con dicho patrón de diseño gráfico.

### 10.10.1 Interfaz Validar Usuario

**Descripción:** La figura 30 y la tabla 9 especifican la pantalla para la validación de usuarios en el sistema, definiendo el perfil de acceso y dar inicio al módulo de captura de datos.

Figura 30. Interfaz Validar Usuario

El prototipo muestra una ventana de navegador con el título "Módulo Captura de datos ... Fenomenos de remoción en masa". La barra de direcciones contiene "http://". El contenido principal está dividido en una barra superior con un menú "Login" y un área de formulario. El formulario incluye campos para "Nombre Usuario" y "Password", y un botón "login". Una barra de derechos se encuentra en la parte inferior.

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Módulo Captura de datos ... Fenomenos de remoción en masa |                                     |
| http://   |                                     |
| Caracterización de Fenomenos de Remoción en Masa          |                                     |
| Login   |                                     |
| Login   | Nombre Usuario <input type="text"/> |
|   | Password <input type="text"/>       |
|   | login                               |
| Barra de Derechos   |                                     |

Fuente: Autor

Tabla 9. Eventos Interfaz Validar Usuario

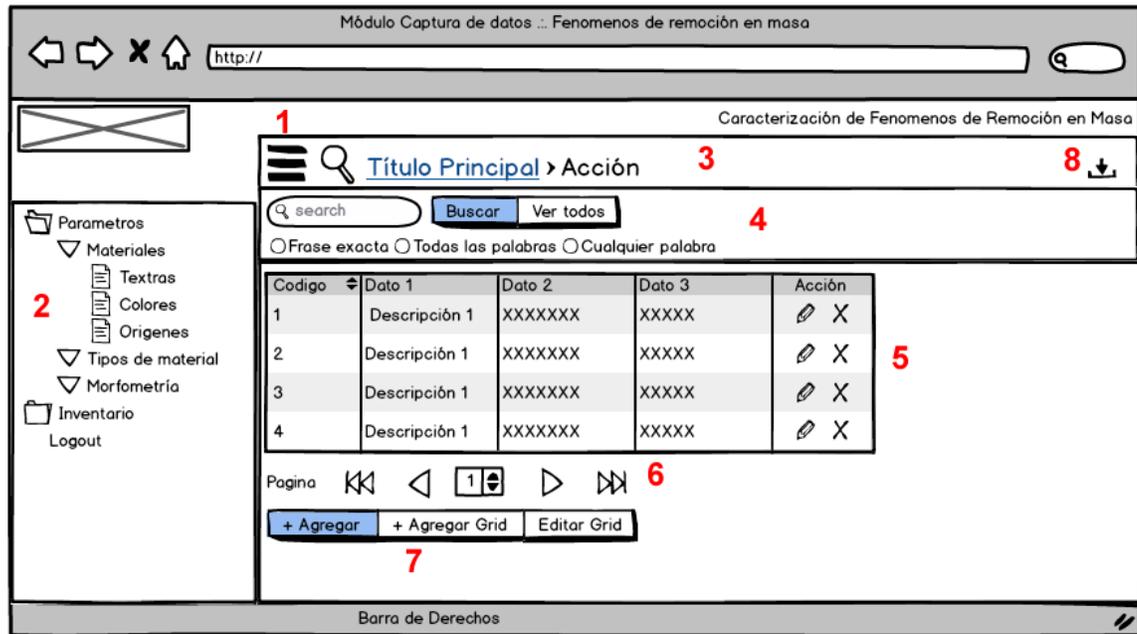
| EVENTO | ACCIÓN  |
|--------|---|
| Login  | Valida el usuario determinando el perfil, si el usuario no es inválido retorna un mensaje de error. |

Fuente: Autor

### 10.10.2 Interfaz Principal

**Descripción:** La figura 31 y la tabla 10 describen la interfaz principal para acceder a todas las opciones disponibles.

Figura 31. Interfaz Principal



Fuente: Autor

Tabla 10. Eventos Interfaz Principal

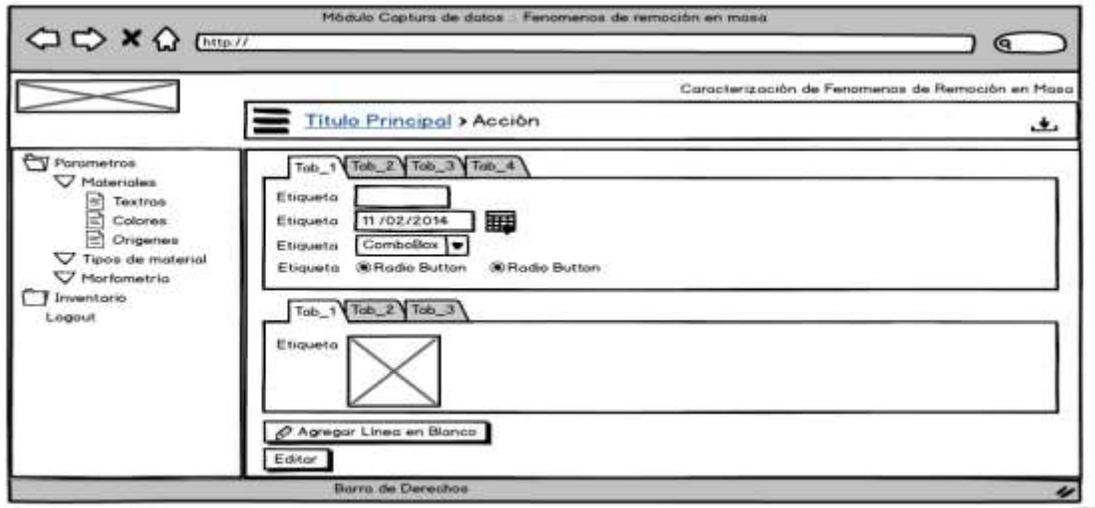
|   | <b>EVENTO</b>           | <b>ACCIÓN</b>   |
|---|-------------------------|---|
| 1 | Menú adaptable          | Permite activar el menú de opciones para vista de escritorio y al seleccionarse se visualice para acceder a las opciones desde un dispositivo móvil ( <b>responsive</b> ).                  |
| 2 | Menú de Opciones        | Permite al Usuario ingresar a los diferentes módulos del sistema según su perfil y permisos establecidos.   |
| 3 | Breadcrumb              | Línea de texto que indica el recorrido seguido y la forma de regresar, está compuesto por la opción y acción (Editar, Agregar, etc).  |
| 4 | Barra de Búsqueda       | Permite realizar búsquedas de diferentes tipos, de los registros actuales.  |
| 5 | Grid                    | Listado de los registros actuales de la opción seleccionada, permite adicionar y eliminar los registros seleccionados.  |
| 6 | Navegación de registros | Esta barra le permite al usuario navegar entre los registros disponibles listados en el GRID.   |
| 7 | Acciones                | Permite realizar múltiples acciones como:<br><b>Agregar:</b> Un solo registró.<br><b>Agregar en grid:</b> Agregar múltiples registros.<br><b>Editar en grid:</b> Edita múltiples registros. |
| 8 | Exportar                | Permite exportar los registros en formato .DOC, .XLS, .PDF y CSV.   |

Fuente: Autor

### 10.10.3 Interfaz captura de datos

**Descripción:** La figura 32 y la tabla 11 describen la pantalla para capturar los datos al momento de agregar o modificar un registro, en el caso de tener muchos campos se realizan separaciones mediante **TAB`S**

Figura 32. Interfaz captura de datos



Fuente: Autor

Tabla 11. Eventos Interfaz Captura de Datos

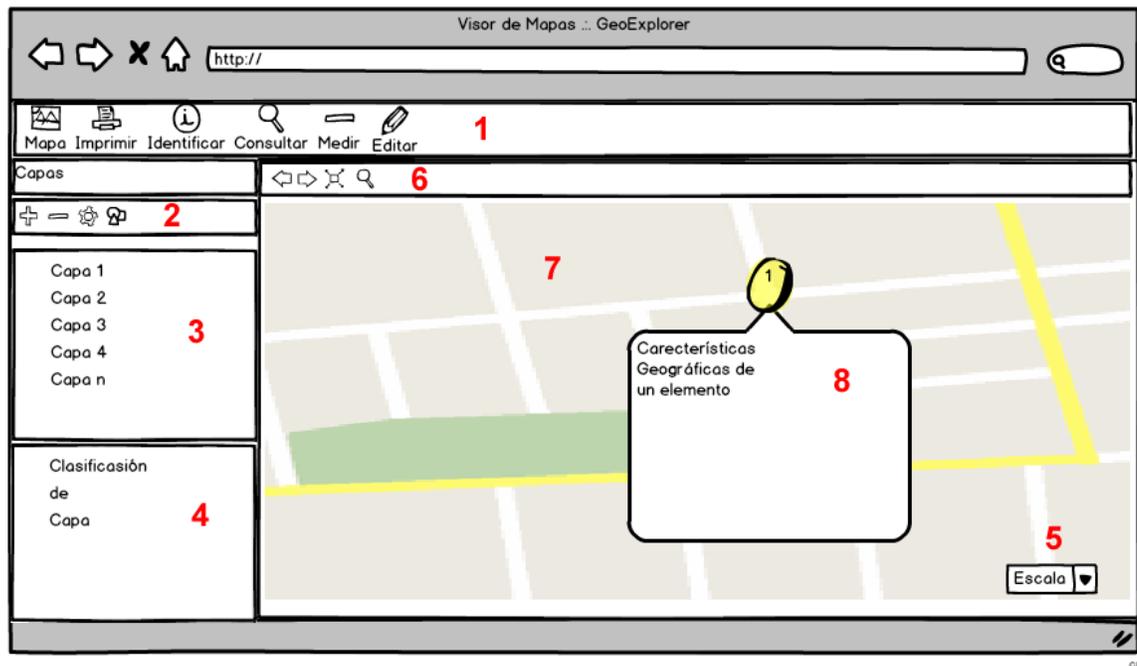
| EVENTO   | ACCIÓN   |
|----------|--|
| Tab      | Permite seleccionar los campos disponibles separados por categorías en los TAB.  |
| Acciones | Permite realizar múltiples acciones como:<br><b>Editar:</b> Un solo registró.<br><b>Agregar Línea en Blanco:</b> Crea una un registro en blanco. |

Fuente: Autor

#### 10.10.4 Interfaz Visor de Mapas

**Descripción:** La figura 33 y la tabla 12 describen la pantalla que permite a los usuarios del sistema, acceder a los servicios web geográficos WFS y WMS, por medio de un navegador, un cliente o un visor de Mapas del geoportal.

Figura 33. Interfaz Visor de Mapas



Fuente: Autor

Tabla 12. Eventos Interfaz Visor de Mapas

|   | <b>EVENTO</b>          | <b>ACCIÓN</b>   |
|---|------------------------|---|
| 1 | Barra de mapas         | Permite al usuario, exportar, imprimir, consultar, medir, editar e identificar elementos geográficos de la capa seleccionada. |
| 2 | Barra de Capas         | Permite agregar, eliminar, parametrizar y dar estilos gráficos a una capa (SDL).  |
| 3 | Capas                  | Permite seleccionar una capa de mapas específica.   |
| 4 | Clasificación Capa     | Visualiza la clasificación de la capa según consultas SQL y estilos SDL   |
| 5 | Escala                 | Permite seleccionar la escala de visualización ej. 1:5000   |
| 6 | Barra de visualización | Permite al usuario realizar zoom y moverse por el mapa o capa.  |
| 7 | Mapas                  | Visualiza la capa y sus atributos sobre un mapa base  |
| 8 | Identificación         | Muestra información de un punto geográfico  |

Fuente: Autor

## 10.11 DOCUMENTO DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA

### 10.11.1 Propósito.

El siguiente apartado se presenta la visión general de la arquitectura de:

- La AppWeb GIS utilizando LBS (Location Based Services)
- La infraestructuras tecnológicas (GIS) Geographic Information System, expresada en “servicios” como patrón de diseño
- La integración de la AppWeb GIS - LBS, con la infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa.

Representada a través de las siguientes vistas arquitectónicas que involucran diferentes aspectos.

- Diagramas de secuencia
- Diagrama de Clases
- Diagrama de componentes
- Diagrama arquitectónico o de alto Nivel
- Diagrama de despliegue
- Modelado BD

### 10.11.2 Referencias

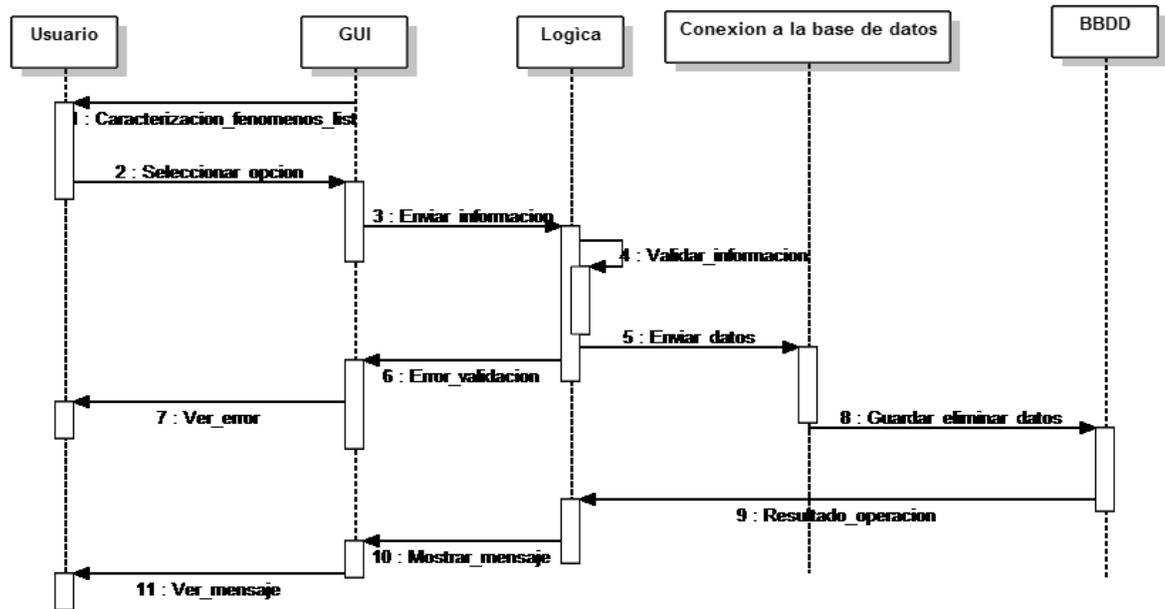
Se toma como referencia los siguientes documentos:

- Listado de requisitos del sistema.
- Documento de la visión del sistema.
- Modelo del negocio
- Caracterización de la infraestructura tecnológica SIG
- Especificación de requisitos o de casos de uso.
- Plan de desarrollo.

### 10.11.3 Diagramas de secuencia

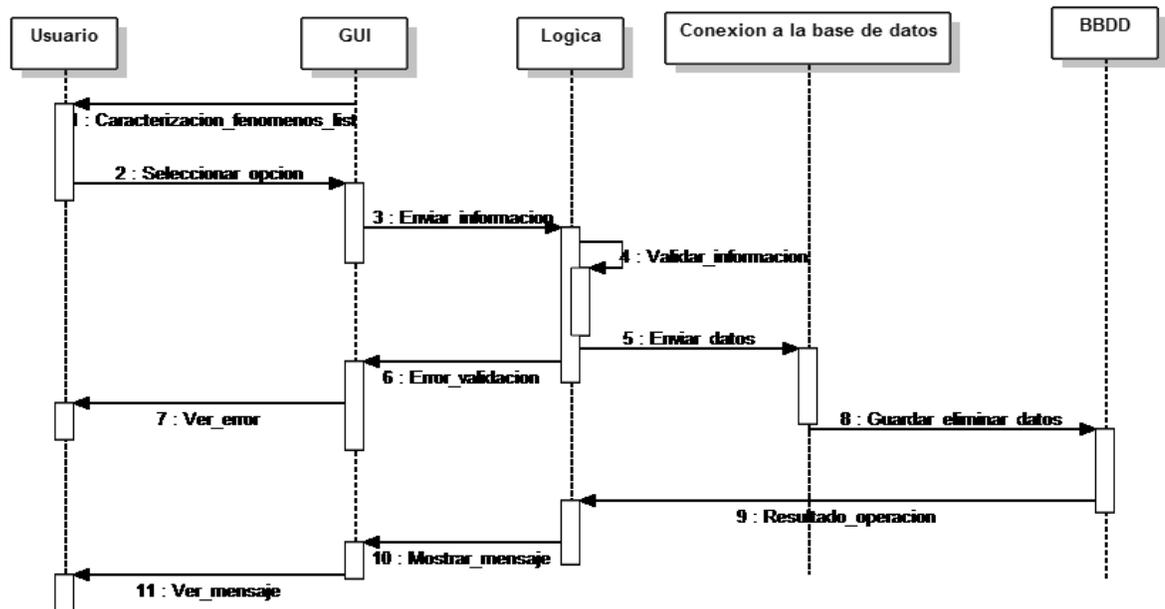
Desde la figura 34 a la figura 54 describen la vista dinámica de la AppWeb GIS usando LBS, la interacción y secuencia de mensajes entre las clases identificadas, los componentes, subsistemas y actores, a través de los diagramas de secuencia.

Figura 34. Diagrama de secuencia Validar Usuario.



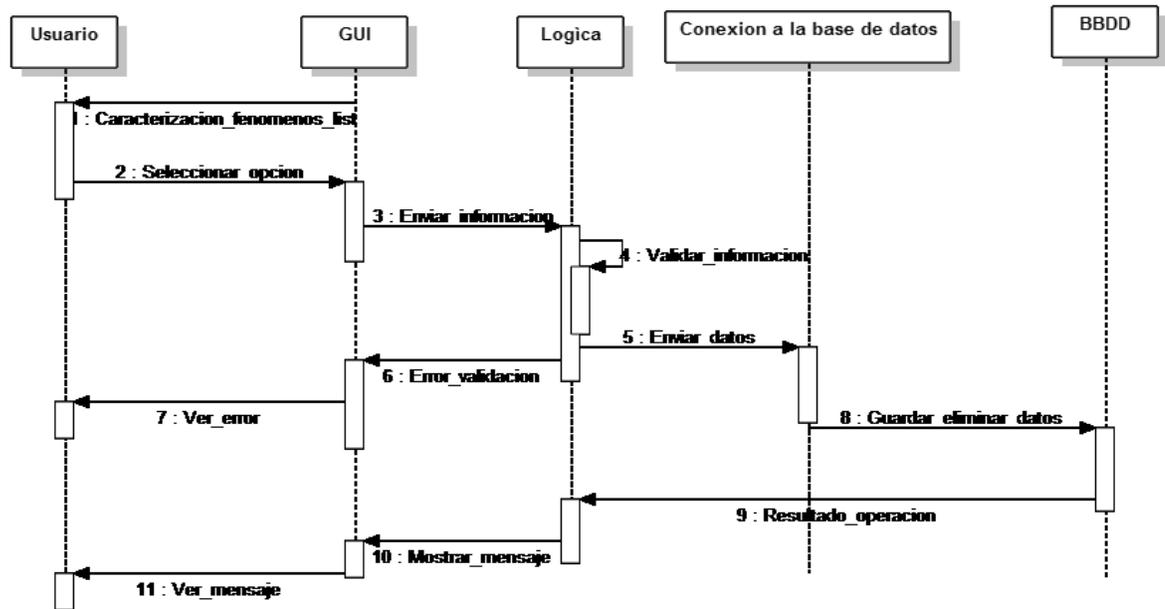
Fuente: Autor.

Figura 35. Diagrama de secuencia gestionar Perfiles de Usuarios y Permisos



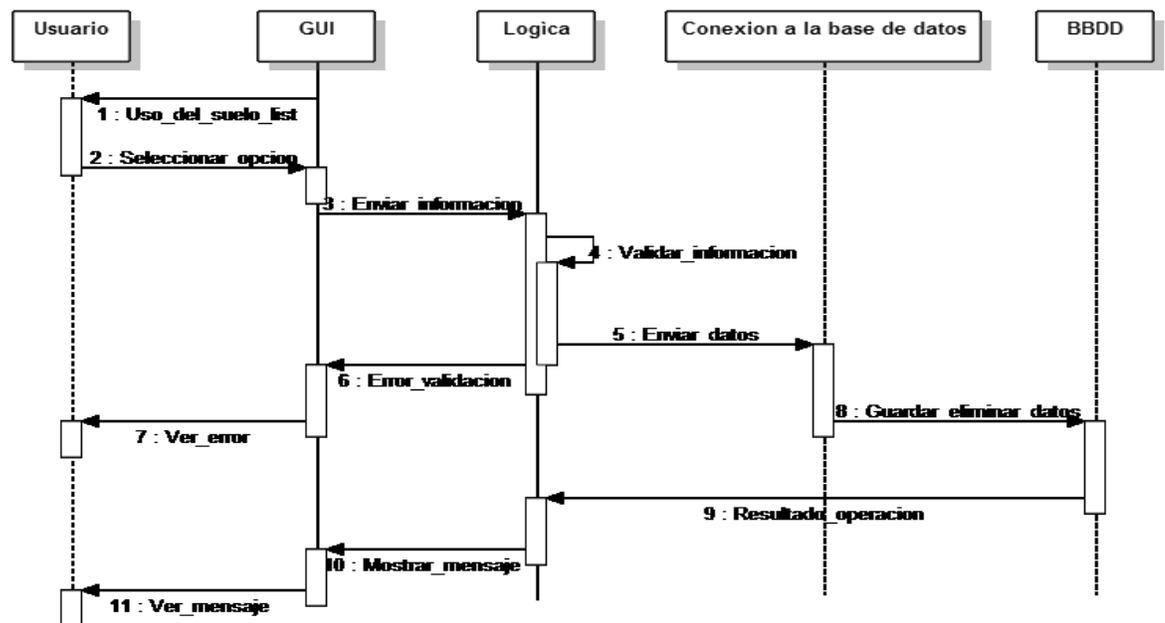
Fuente: Autor.

Figura 36. Diagrama de secuencia Administrar Caracterización de Fenómenos



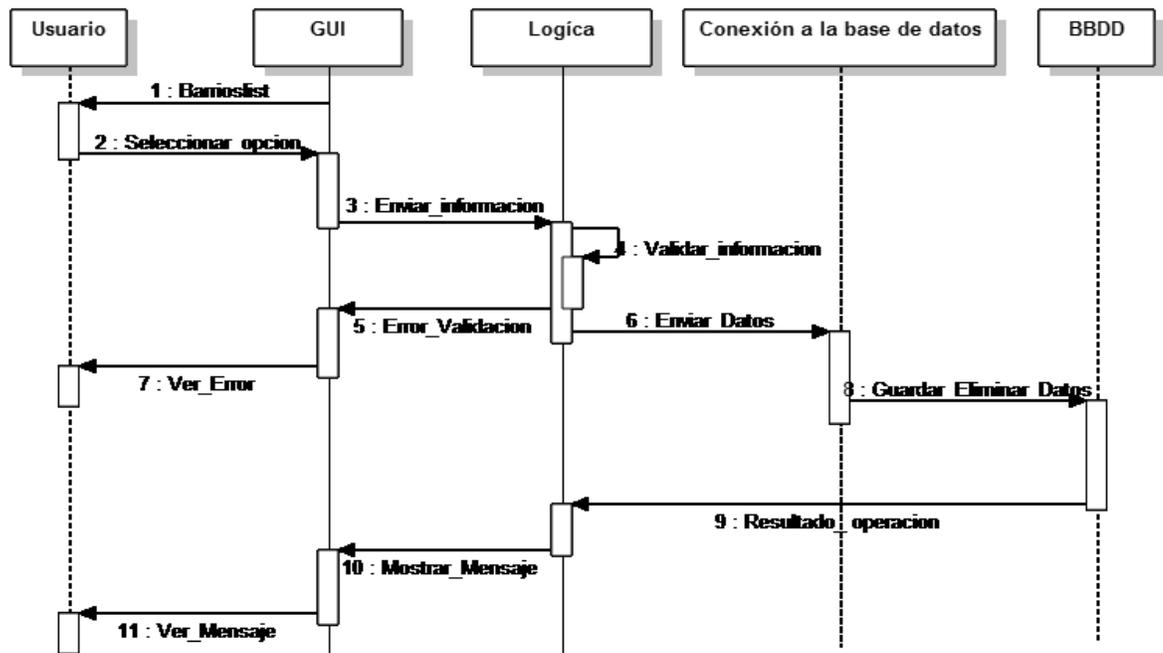
Fuente: Autor

Figura 37. Diagrama de secuencia Administrar Uso del Suelo.



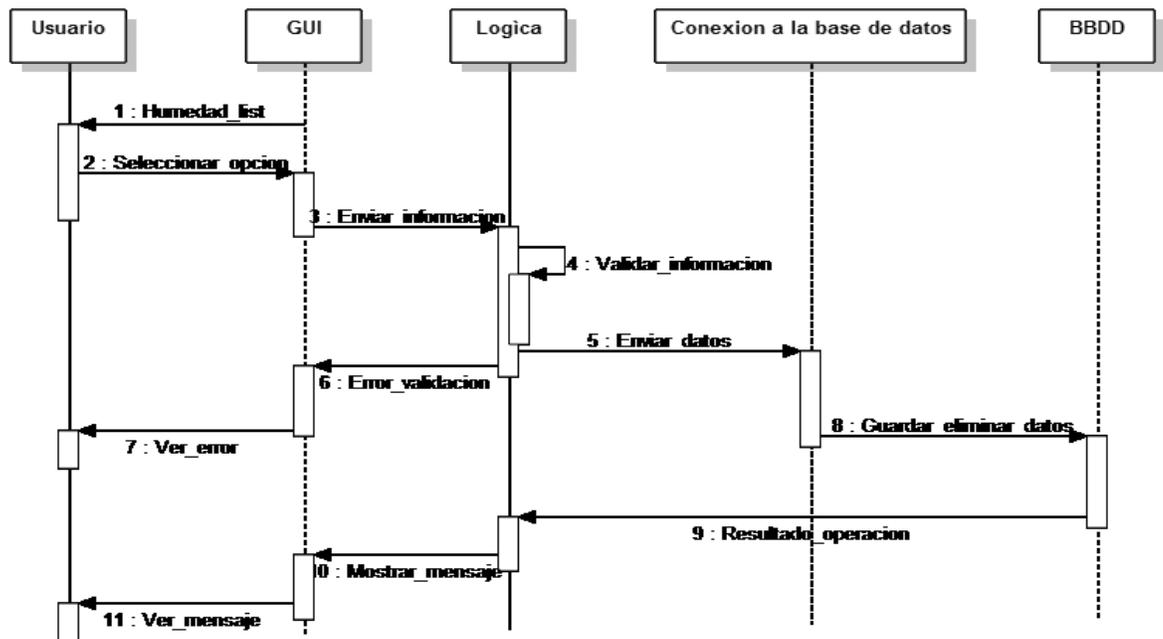
Fuente: Autor

Figura 38. Diagrama de secuencia Administrar Barrios



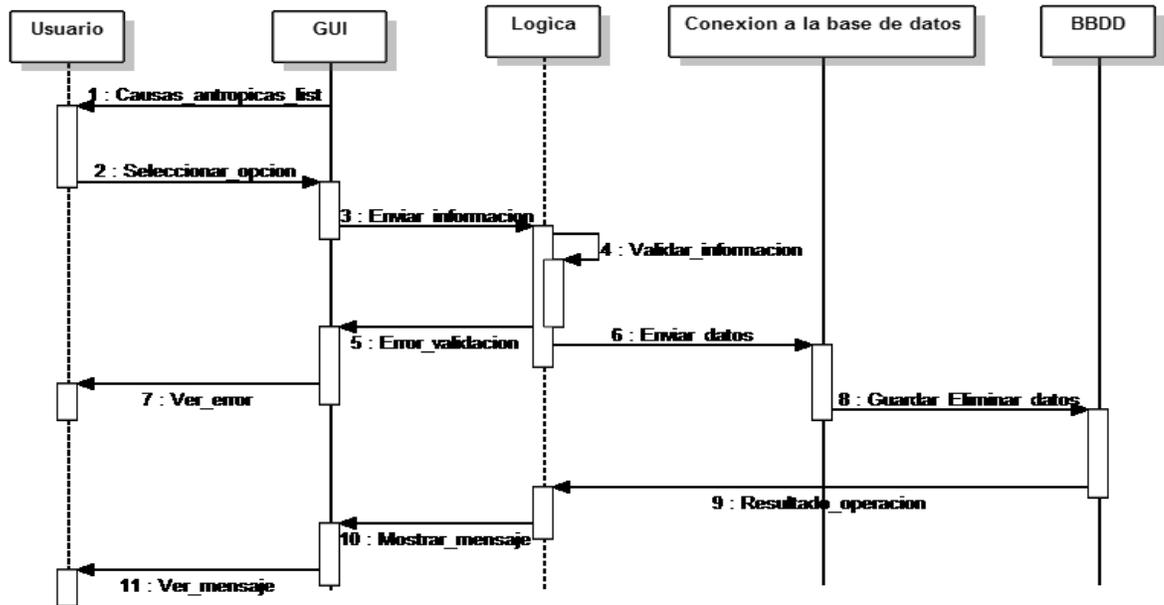
Fuente: Autor

Figura 39. Diagrama de secuencia Administrar humedad.



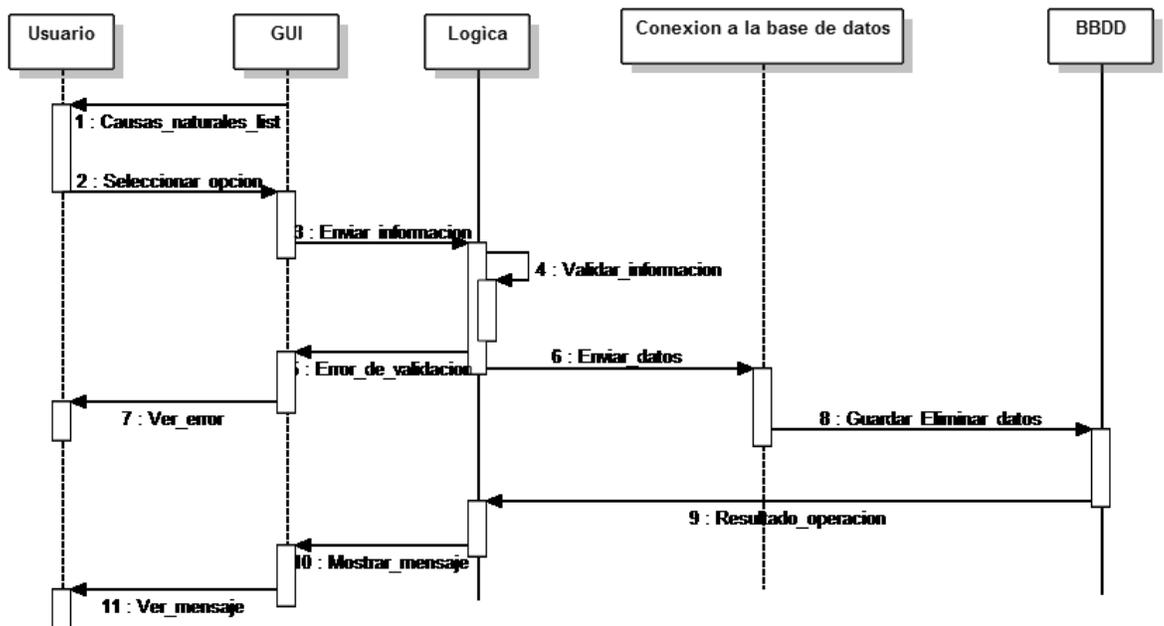
Fuente: Autor

Figura 40. Diagrama de secuencia Administrar Causas Antrópicas



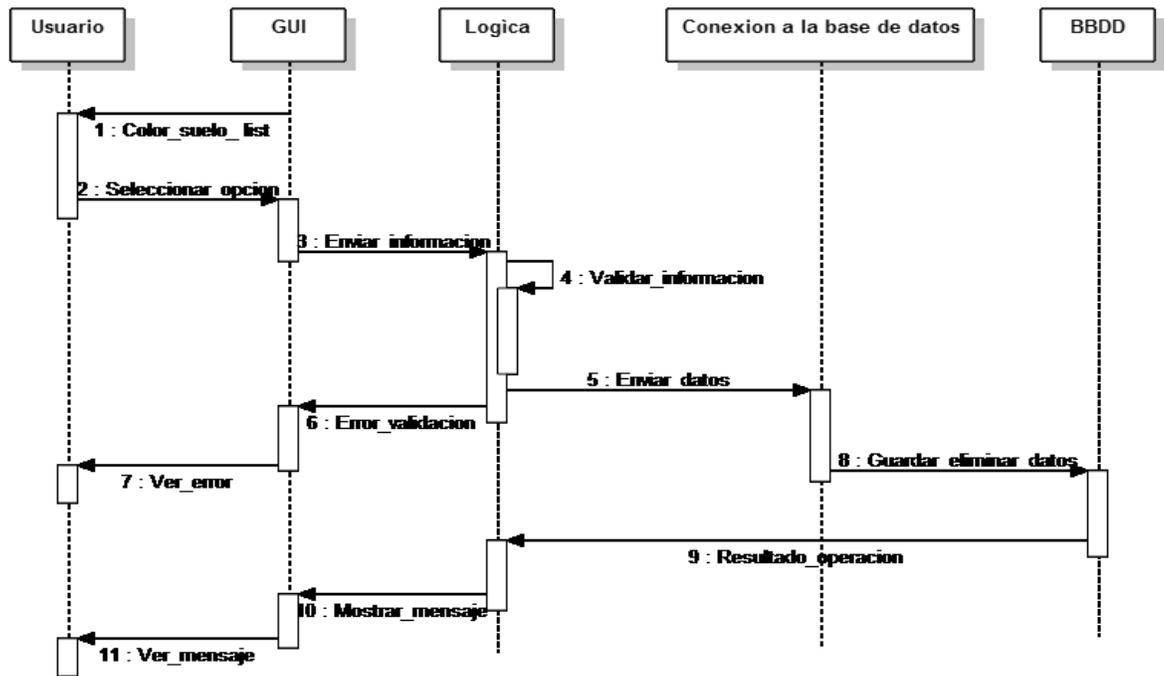
Fuente: Autor

Figura 41. Diagrama de secuencia Administrar Causas Naturales



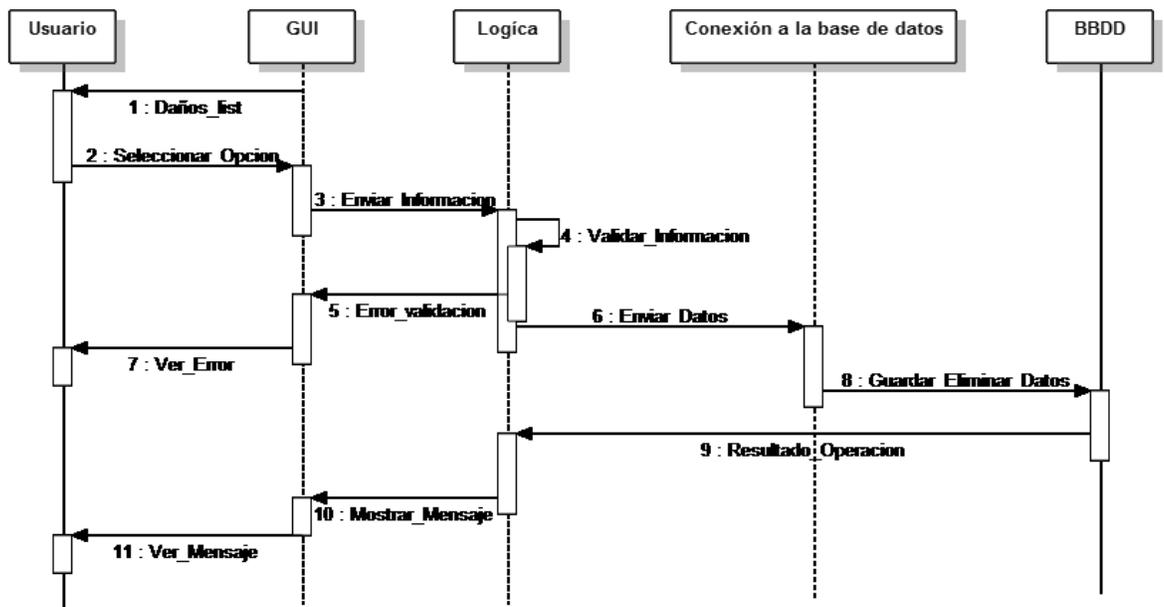
Fuente: Autor

Figura 42. Diagrama de secuencia Administrar Color del Suelo.



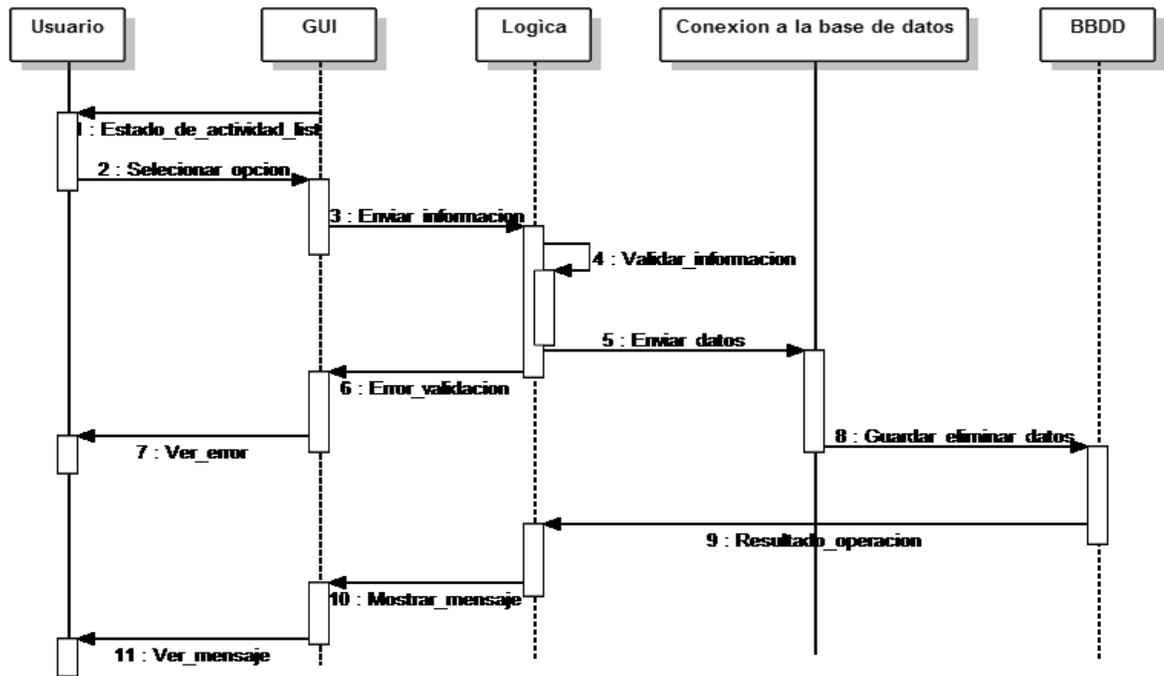
Fuente: Autor

Figura 43. Diagrama de secuencia Administrar Daños



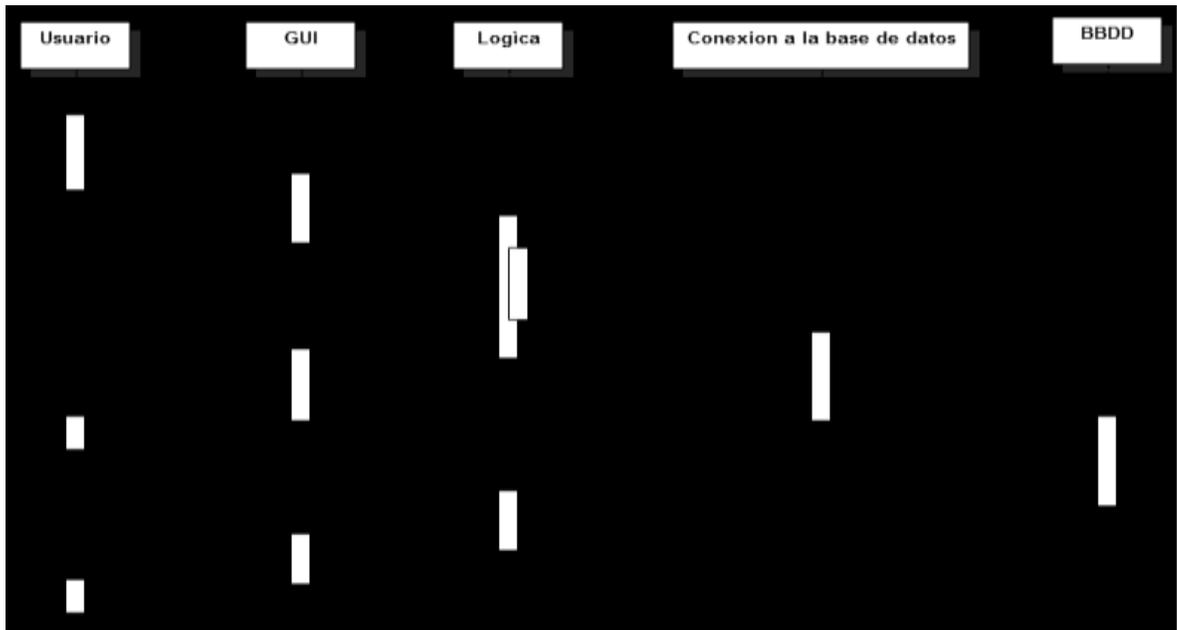
Fuente: Autor

Figura 44. Diagrama de secuencia Administrar estados de actividad



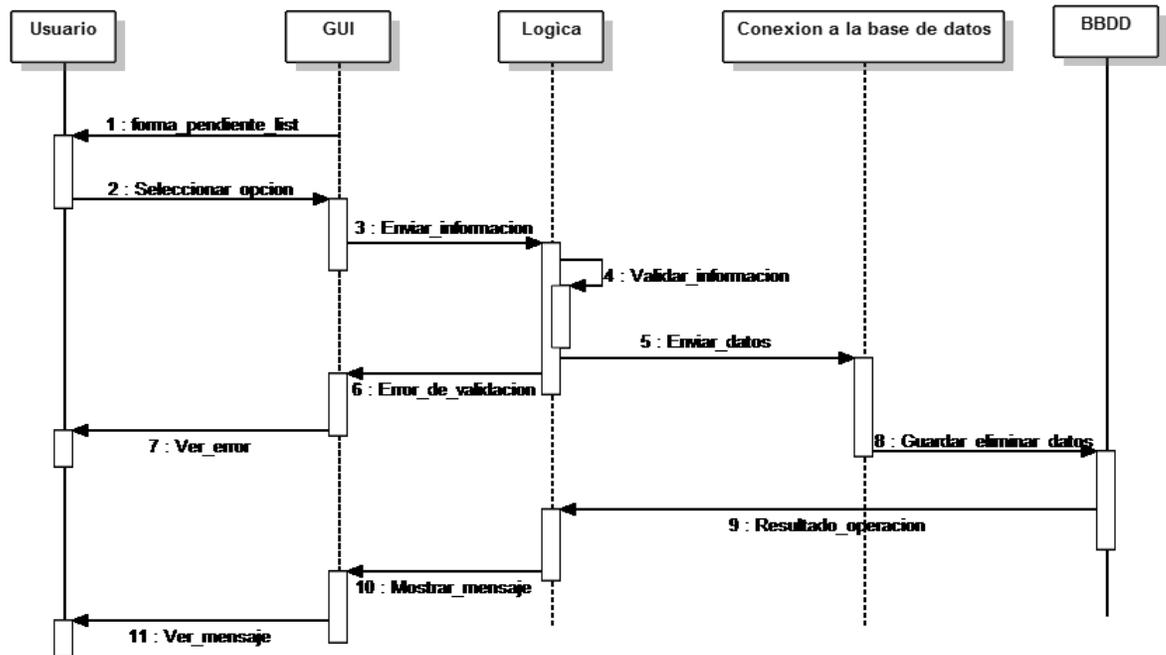
Fuente: Autor

Figura 45. Diagrama de secuencia Administrar Masa Desplazada.



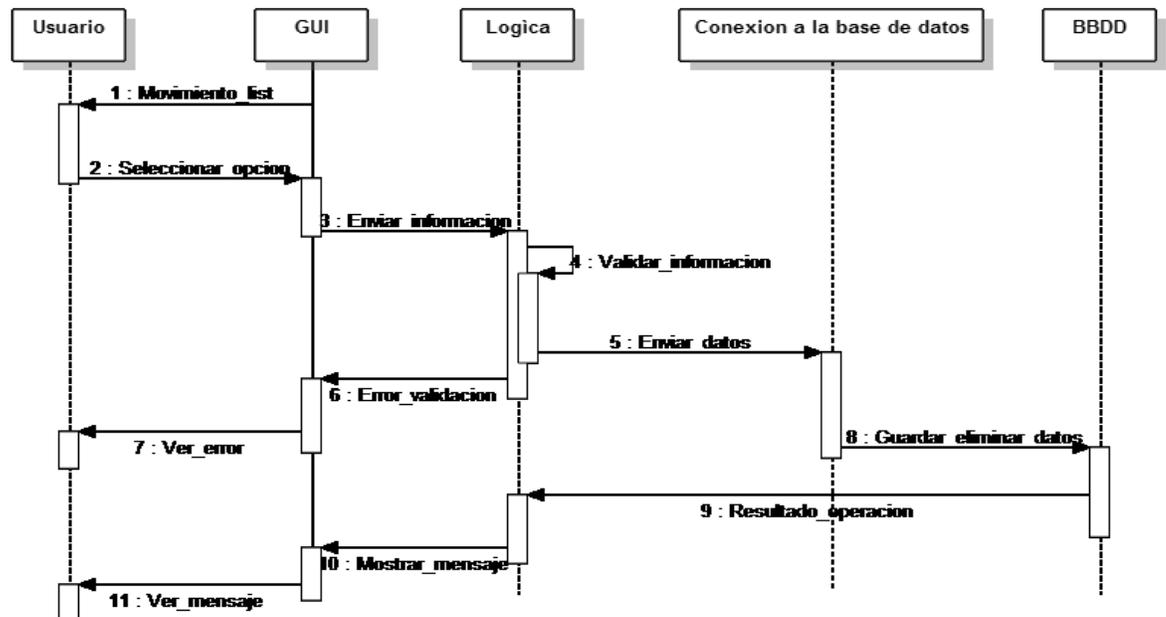
Fuente: Autor

Figura 46. Diagrama de secuencia Administrar Forma de la Pendiente.



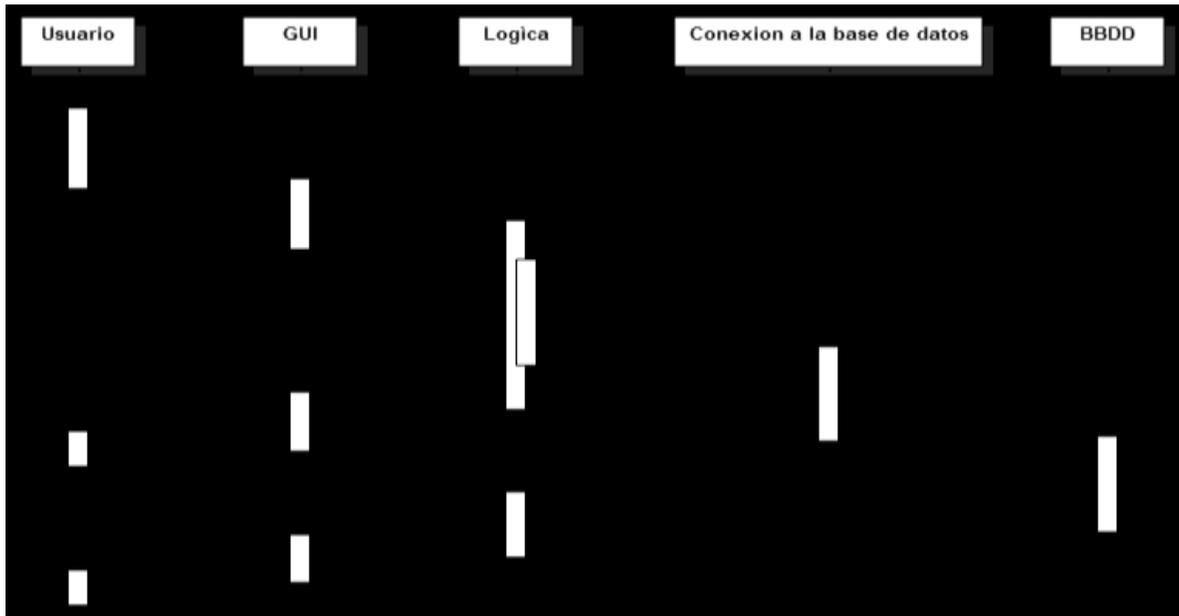
Fuente: Autor

Figura 47. Diagrama de secuencia Administrar Tipos de Movimiento



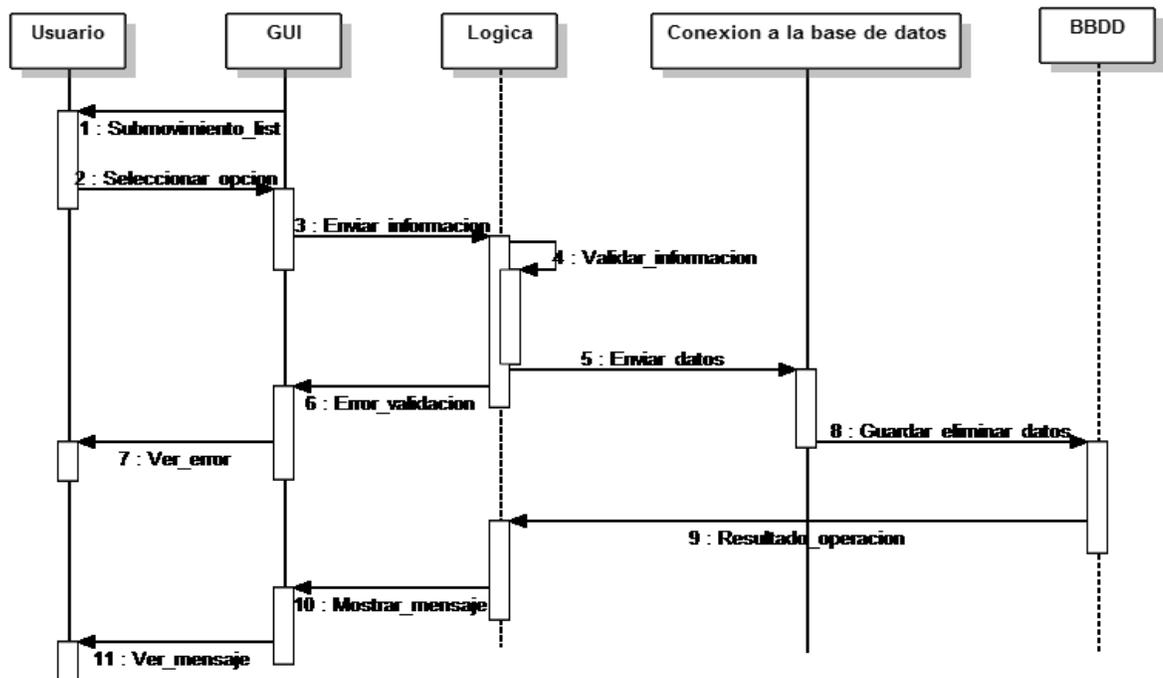
Fuente: Autor

Figura 48. Diagrama de secuencia Administrar Origen del Suelo.



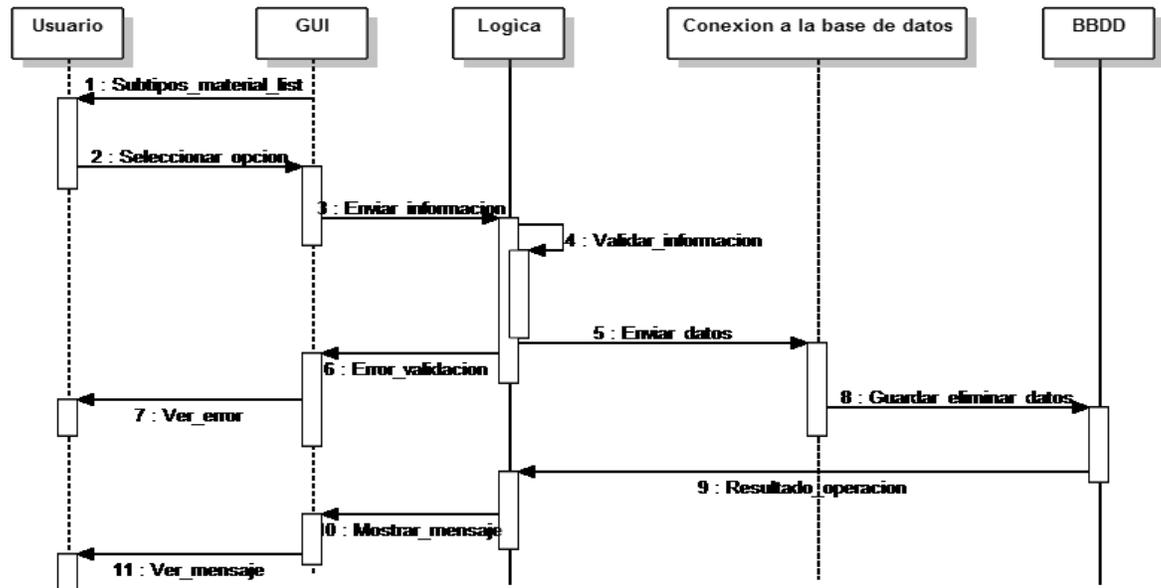
Fuente: Autor

Figura 49. Diagrama de secuencia Administrar Sub movimientos



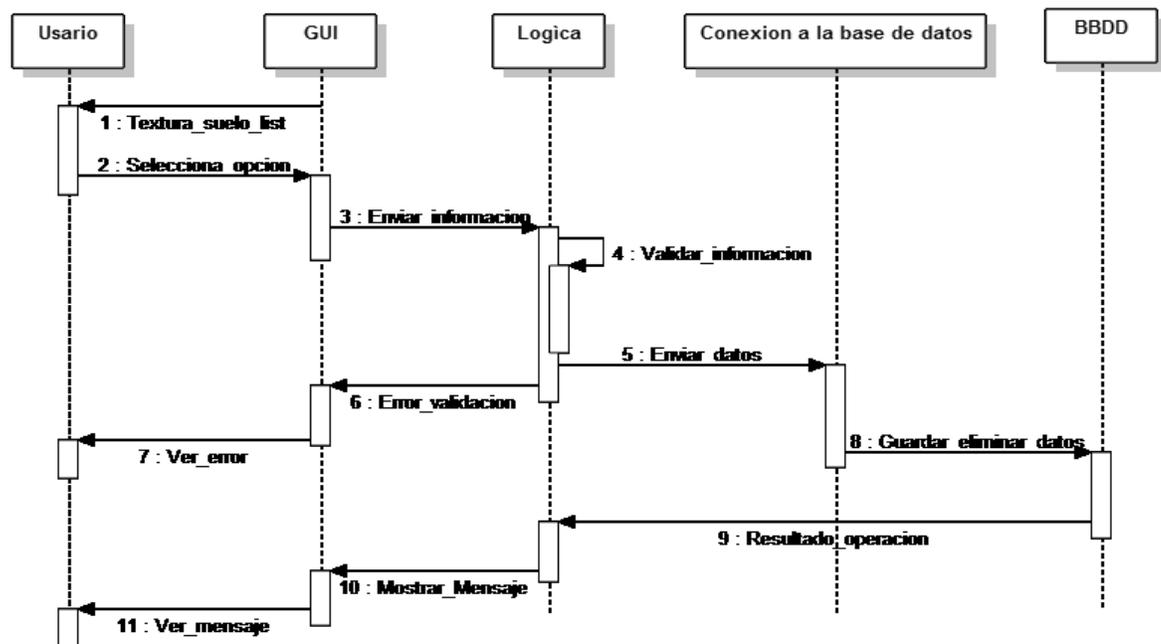
Fuente: Autor

Figura 50. Diagrama de secuencia Administrar Subtipos de Material.



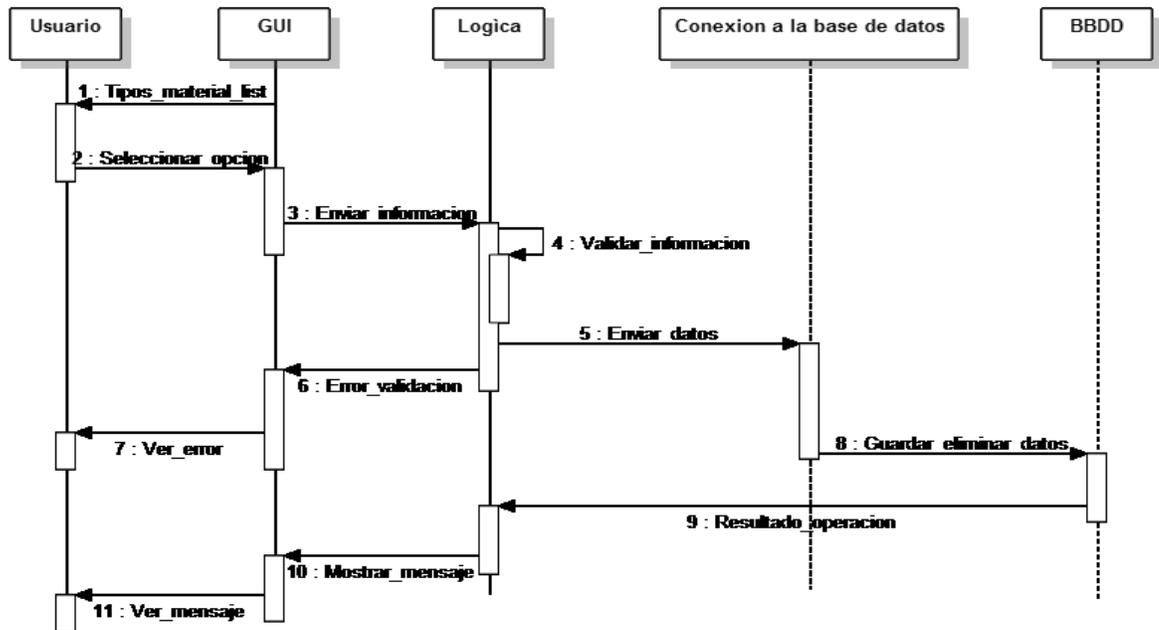
Fuente: Autor

Figura 51. Diagrama de secuencia Administrar Textura del Suelo



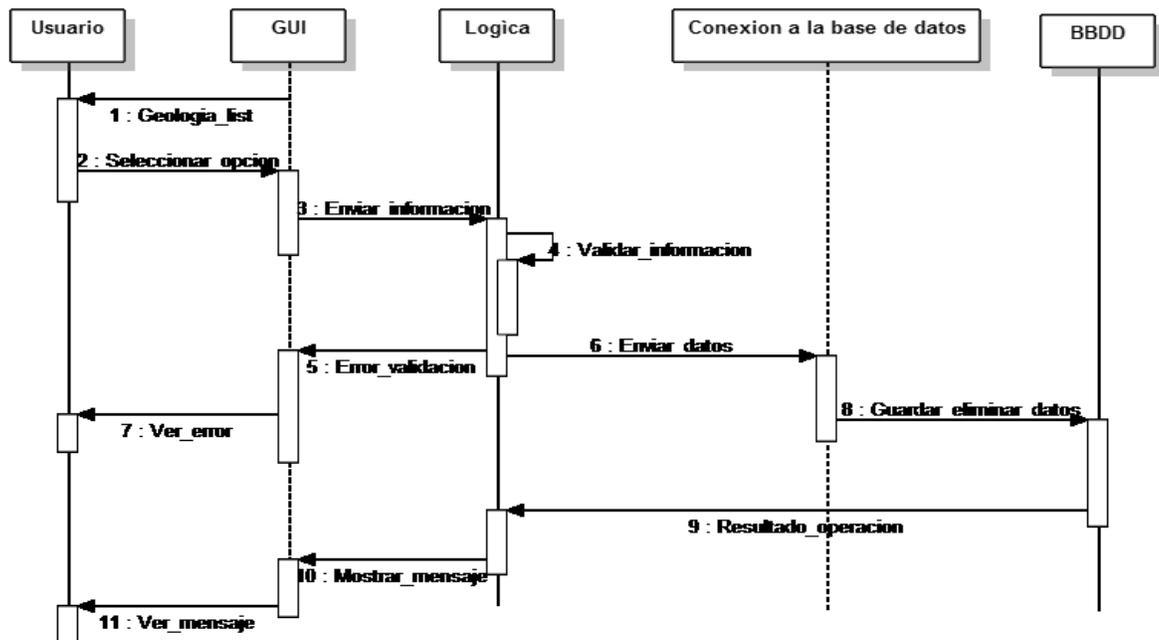
Fuente: Autor

Figura 52. Diagrama de secuencia Administrar Tipos de Material.



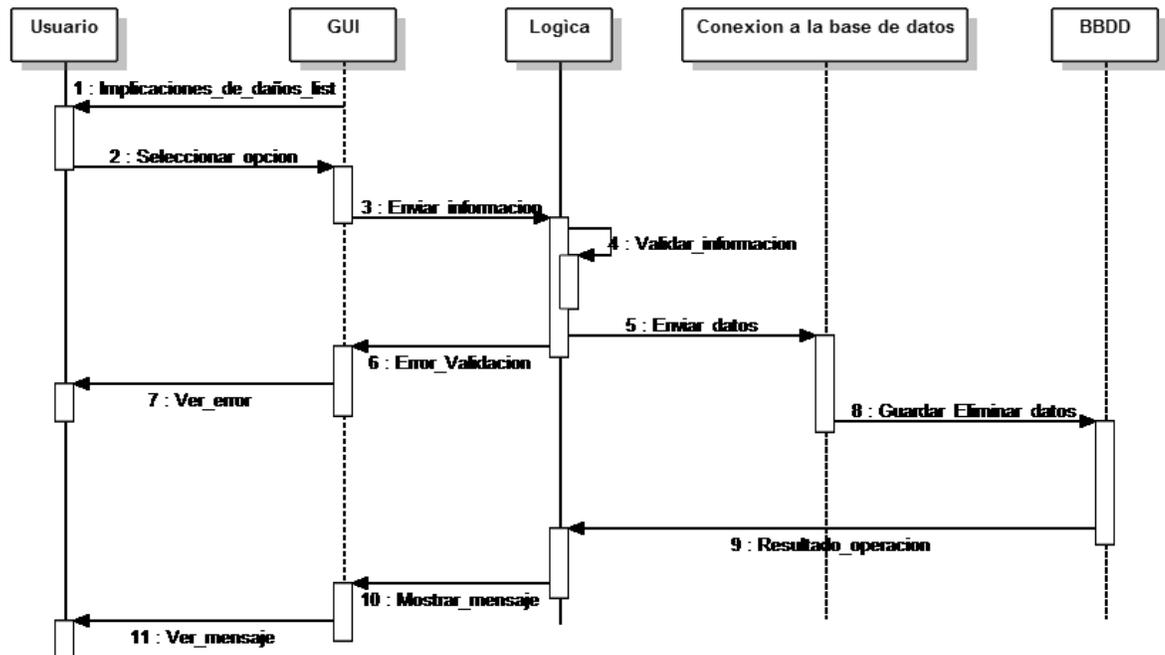
Fuente: Autor

Figura 53, Diagrama de secuencia Administrar Geología



Fuente: Autor

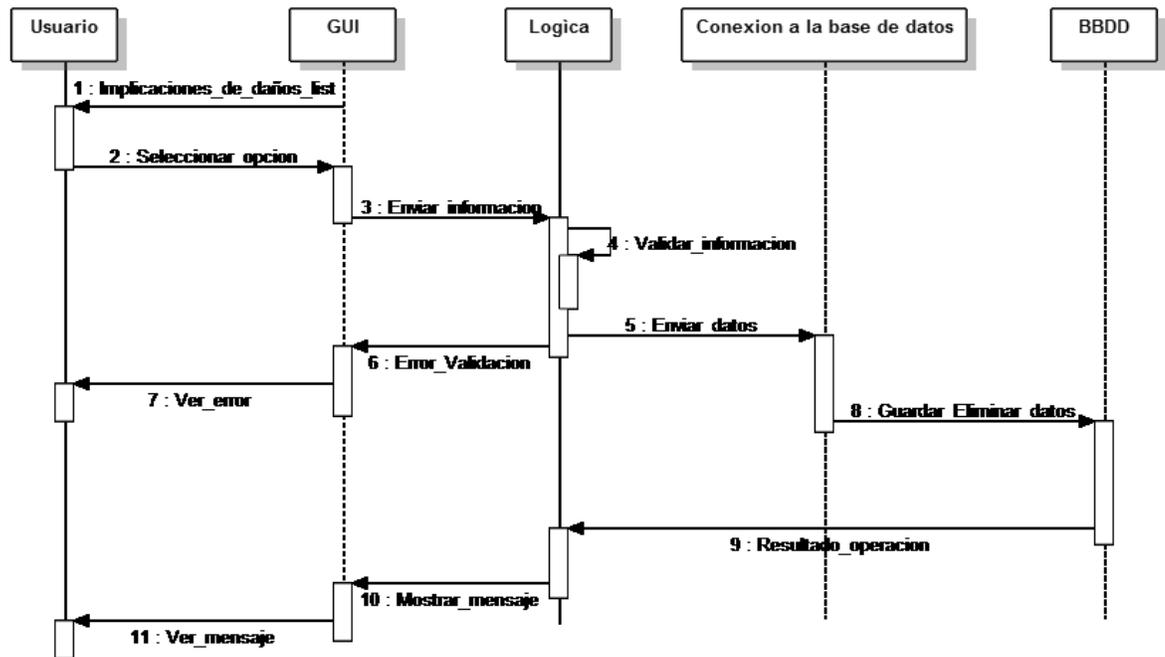
Figura 54. Diagrama de secuencia Administrar implicaciones de Daños



Fuente: Autor

La figura 55 describe la vista dinámica del visor de mapas mediante un navegador o una aplicación cliente GIS, la interacción y secuencia de mensajes componentes, subsistemas y actores.

Figura 55. Diagrama de secuencia Acceder a Servicios Geográficos Web



Fuente: Autor

#### 10.11.4 Diagrama de clases

La figura 56, describe la estructura estática de la AppWeb GIS – LBS, las clases que la componen y la relación entre ellas.

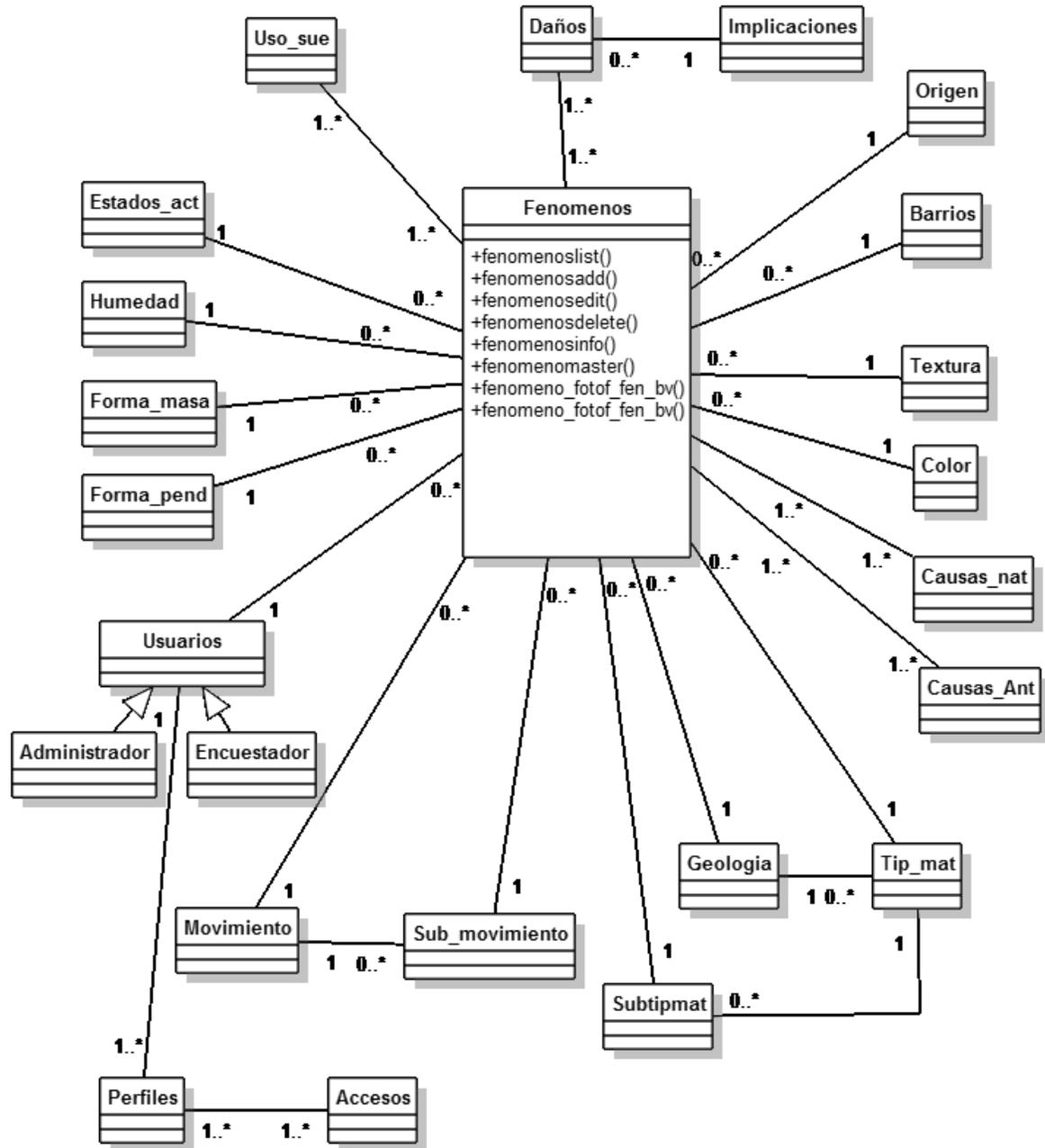
Todas las clases identificadas tienen operaciones generales, bajo la sintaxis **nombreclaseoperacion()**, donde **operación**, son las que se indican en la tabla 13.

Tabla 13. Métodos generales a todas las clases.

| <b>Operación o Método</b> | <b>Descripción</b>  |
|---------------------------|---|
| list()                    | Lista de los registros de la clase  |
| delete()                  | Borra un registro teniendo en cuenta la integridad referencial para clases con asociación muchas a muchas |
| add()                     | Adiciona uno o múltiples registros.   |
| edit()                    | Edita uno o múltiples registros.  |
| info()                    | Contiene información referente a la clase, como persistencia, nombre de atributos y operaciones.          |

Fuente: Autor

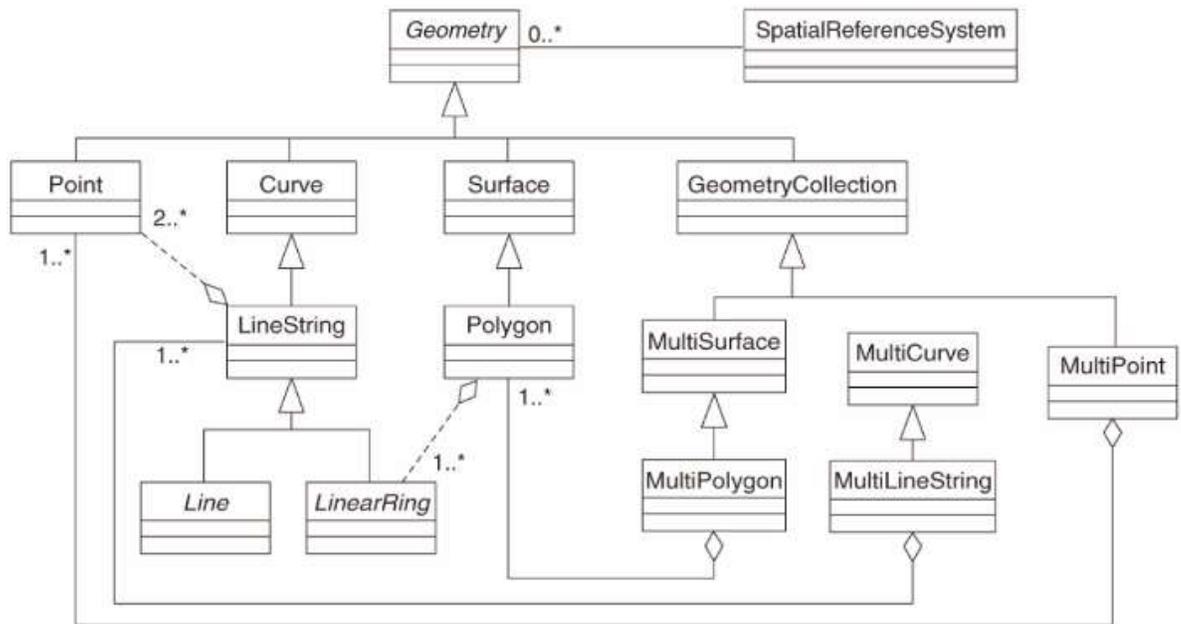
Figura 56. Diagrama de clases AppWeb GIS



Fuente: Autor

Para la definición de las geometrías que son almacenadas en la bases de datos, la OGC (Open Geospatial Consortium), recomienda el esquema de generalización, representado en el siguiente diagrama de clases. (Figura 75).

Figura 57. Diagrama de clases Geometría.

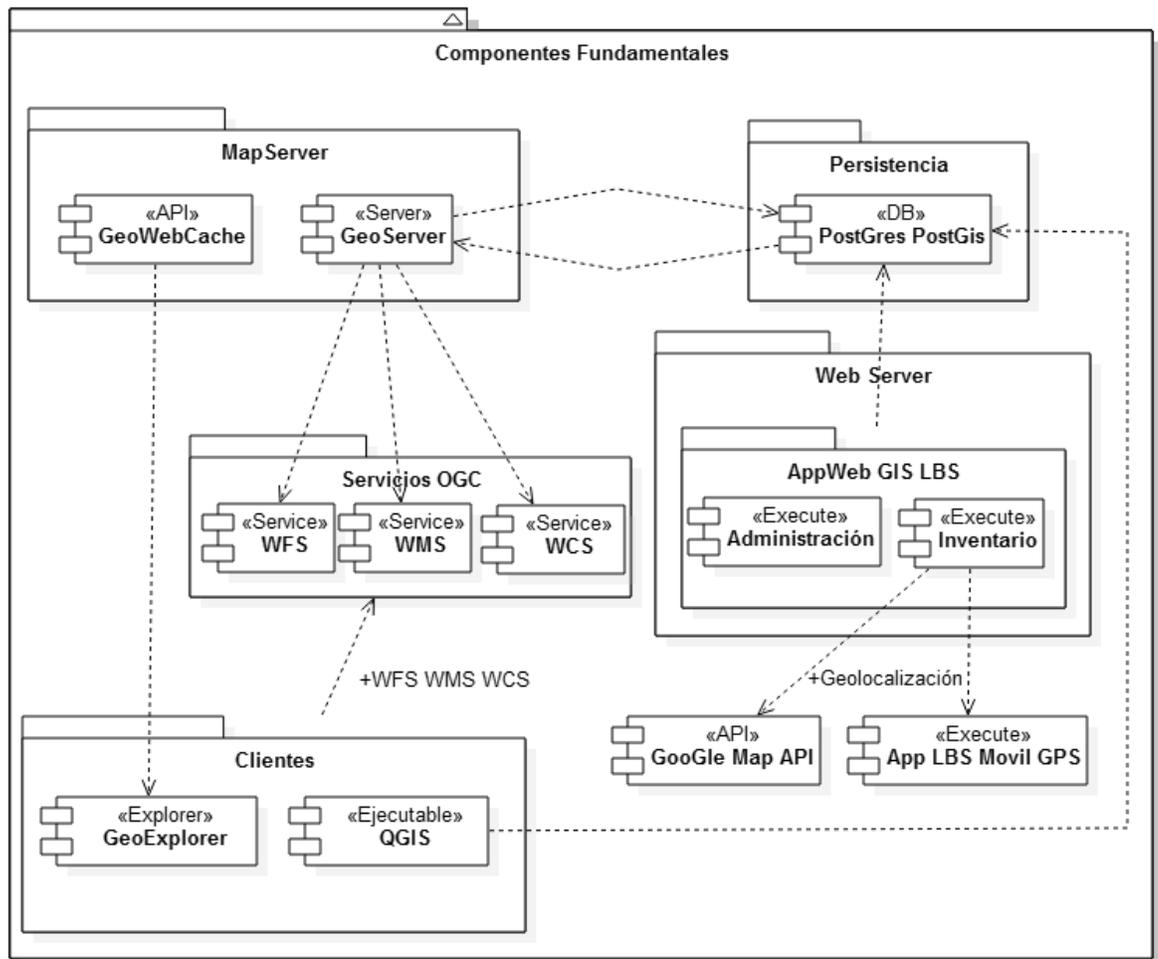


Fuente: Open Geospatial Consortium

### 10.11.5 Diagrama de componentes fundamentales

La figura 58 muestra el diagrama de componentes el cual visualiza la estructura general de la Infraestructuras tecnológicas (GIS) Geographic Information System, expresada en “servicios” como patrón de diseño y su integración con la AppWeb GIS LBS, para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa y el comportamiento de los servicios que los componentes proporcionan y utilizan a través de las interfaces.

Figura 58. Diagrama de componentes fundamentales



Fuente: Autor

#### 10.11.6 Diagrama arquitectónico o de alto Nivel

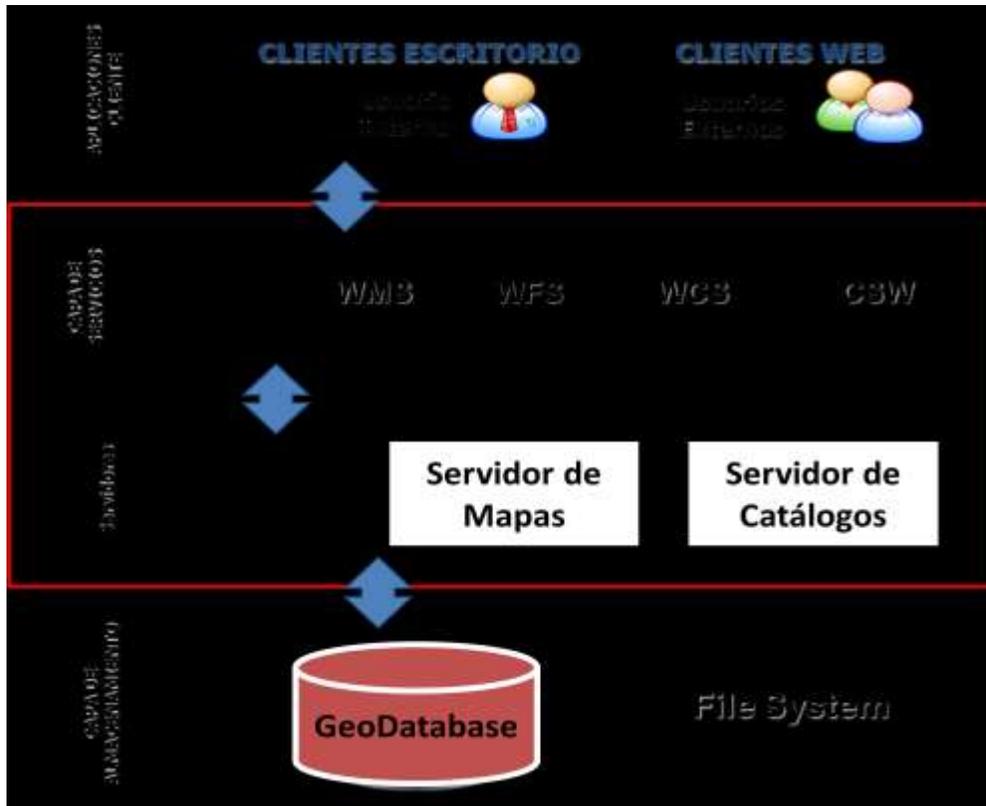
Para el diseño e implementación de la infraestructura tecnológica SIG basada en servicios como patrón de diseño y su integración con la AppWeb GIS desarrollada y posteriores desarrollos(**escalabilidad**) se recurre al patrón arquitectónico **Modelo - Vista - Controlador** (MVC) el cual permite la separación entre la lógica y la vista o interfaz gráfica, mediante un controlador que los mantiene desacoplados, las diferentes capas se organizan en paquetes, como se aprecia en la figura 61 (Diagrama de componentes fundamentales).

Cuando se implementan o desarrollan infraestructuras de datos espaciales el modelo vista controlador (MVC) está representado por una arquitectura orientada a servicios o también conocida como arquitectura de servicios Web OGC (Figura 59).

El modelo funcional de la arquitectura orientada a servicios, es crear servicios funcionales en el ámbito geoespacial para publicarlos en diferentes registros o catálogos, para que el cliente los pueda encontrar, enlazar y utilizar.

El principal servicio, de esta arquitectura es, WFS (*Web Feature Service*), el cual es utilizado en esta arquitectura para proporcionar a los usuarios acceso a la información espacial a través de una red distribuida, pero requiere de componentes o servicios adicionales de software como WCS (*Web Coverage Service*), WMS (*Web Map Service*) para permitir crear, editar, y consultar información en línea.

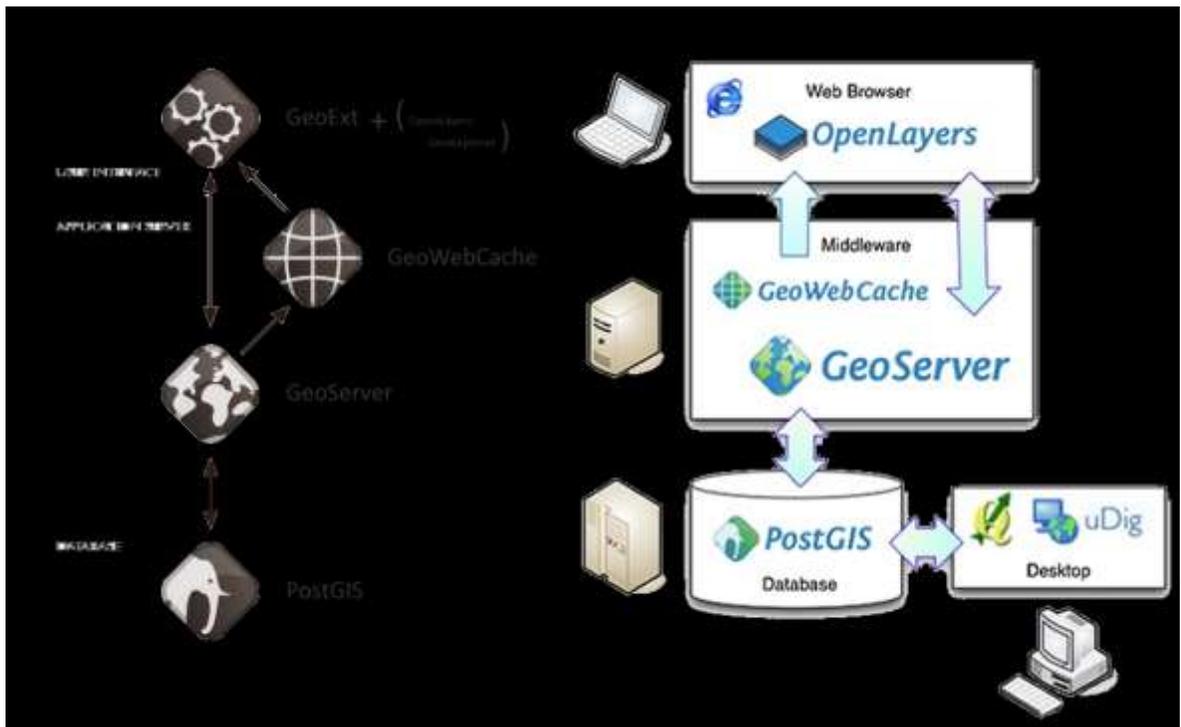
Figura 59. Arquitectura Orientada a Servicios



Fuente: Autor adaptación del IGAC

La arquitectura de servicios propuesta se materializa con la implementación de una arquitectura cliente/servidor donde el eje de la arquitectura es OpenGeo Suite, como infraestructura de datos espaciales (Figura 60).

Figura 60. Arquitectura Cliente/Servidor OpenGeo Suite

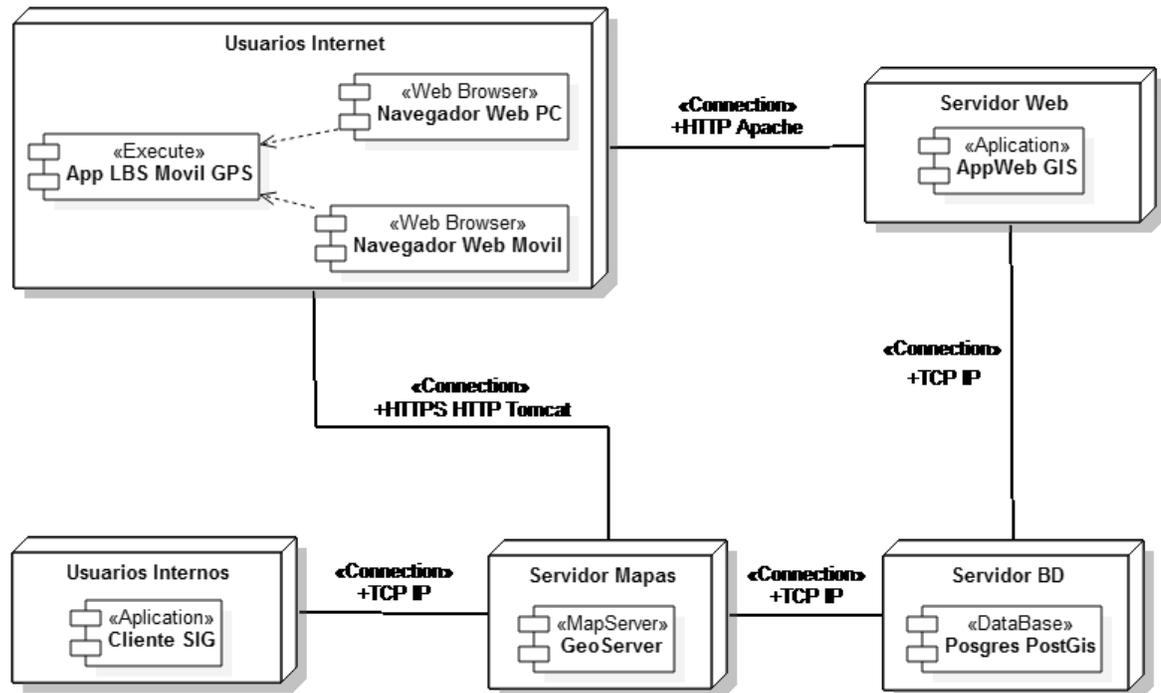


Fuente: Autor (Composición de imágenes Boundlessgeo)

### 10.11.7 Diagrama o Vista de Despliegue

La figura 61, modela el hardware utilizado en la implementación de la infraestructura tecnológica SIG y las relaciones entre componentes, AppWeb GIS, es decir la, modela un mapa SW/HW, al igual que los diagrama de componentes y la dependencia entre ellos.

Figura 61. Diagrama de despliegue



Fuente: Autor

#### 10.11.8 Documento de diseño de BD

Este apartado presenta el diseño de la base de datos de la AppWeb GIS – LBS, así:

Cuadro 11: Lista de entidades

Cuadro 12: Lista de relaciones

Figura 62: Diagrama Entidad/Relación

Anexo C: Script de generación de la base de datos

Cuadro 11. Lista de entidades.

| Name                 | Primary key constraint name |
|----------------------|-----------------------------|
| Barrios              | PK_barrios                  |
| causas_ant           | PK_causas_ant               |
| causas_ant_fenomeno  | PK_causas_ant_fenomeno      |
| causas_nat           | PK_causas_nat               |
| causas_nat_fenomeno  | PK_causas_nat_fenomeno      |
| Color                | PK_color                    |
| Danos                | PK_danos                    |
| danos_fenomeno       | PK_danos_fenomeno           |
| estados_act          | PK_estados_act              |
| Fenomeno             | PK_fenomeno                 |
| forma_masa           | PK_forma_masa               |
| forma_pend           | PK_forma_pend               |
| Geologia             | PK_geologia                 |
| geologia_fenomeno    | PK_geologia_fenomeno        |
| Humedad              | PK_humedad                  |
| implicaciones        | PK_implicaciones            |
| movimiento           | PK_movimiento               |
| Origen               | PK_origen                   |
| Subtipmat            | PK_subtipmat                |
| sub_movimiento       | PK_sub_movimiento           |
| Textura              | PK_textura                  |
| tip_mat              | PK_tip_mat                  |
| userlevelpermissions | PK_userlevelpermissions     |
| Userlevels           | PK_userlevels               |
| uso_sue              | PK_uso_sue                  |
| uso_sue_fenomeno     | PK_uso_sue_fenomeno         |
| Usuarios             | PK_usuarios                 |

Fuente: Autor

Cuadro 12. Lista de relaciones.

| Name                           | Parent      | Child               | Cardinality  |
|--------------------------------|-------------|---------------------|--------------|
| barrios_fenomeno               | barrios     | Fenomeno            | Zero Or More |
| causas_ant_causas_ant_fenomeno | causas_ant  | causas_ant_fenomeno | Zero Or More |
| causas_nat_causas_nat_fenomeno | causas_nat  | causas_nat_fenomeno | Zero Or More |
| color_fenomeno                 | color       | Fenomeno            | Zero Or More |
| danos_danos_fenomeno           | danos       | danos_fenomeno      | Zero Or More |
| estados_act_fenomeno           | estados_act | Fenomeno            | Zero Or More |
| fenomeno_causas_ant_fenomeno   | fenomeno    | causas_ant_fenomeno | Zero Or More |
| fenomeno_causas_nat_fenomeno   | fenomeno    | causas_nat_fenomeno | Zero Or More |
| fenomeno_danos_fenomeno        | fenomeno    | danos_fenomeno      | Zero Or More |
| fenomeno_geologia_fenomeno     | fenomeno    | geologia_fenomeno   | Zero Or More |
| fenomeno_uso_sue_fenomeno      | fenomeno    | uso_sue_fenomeno    | Zero Or More |
| forma_masa_fenomeno            | forma_masa  | Fenomeno            | Zero Or More |

Cuadro 12 (Continuación)

| Name                            | Parent         | Child                | Cardinality  |
|---------------------------------|----------------|----------------------|--------------|
| forma_pend_fenomeno             | forma_pend     | Fenomeno             | Zero Or More |
| geologia_geologia_fenomeno      | geologia       | geologia_fenomeno    | Zero Or More |
| geologia_tip_mat                | geologia       | tip_mat              | Zero Or More |
| humedad_fenomeno                | humedad        | Fenomeno             | Zero Or More |
| implicaciones_danos_fenomeno    | implicaciones  | danos_fenomeno       | Zero Or More |
| movimiento_fenomeno             | movimiento     | Fenomeno             | Zero Or More |
| movimiento_sub_movimiento       | movimiento     | sub_movimiento       | Zero Or More |
| origen_fenomeno                 | origen         | Fenomeno             | Zero Or More |
| subtipmat_geologia_fenomeno     | subtipmat      | geologia_fenomeno    | Zero Or More |
| sub_movimiento_fenomeno         | sub_movimiento | Fenomeno             | Zero Or More |
| textura_fenomeno                | textura        | Fenomeno             | Zero Or More |
| tip_mat_geologia_fenomeno       | tip_mat        | geologia_fenomeno    | Zero Or More |
| tip_mat_subtipmat               | tip_mat        | subtipmat            | Zero Or More |
| userlevels_userlevelpermissions | userlevels     | userlevelpermissions | Zero Or More |
| userlevels_usuarios             | userlevels     | usuarios             | Zero Or More |
| uso_sue_uso_sue_fenomeno        | uso_sue        | uso_sue_fenomeno     | Zero Or More |
| usuarios_fenomeno               | usuarios       | fenomeno             | Zero Or More |

Fuente: Autor



## 10.12 MODELO DE IMPLEMENTACION

El diseño arquitectónico se materializa en un sistema de software que tiene como última representación el código fuente de los componentes de la AppWeb GIS – LBS, la instalación y configuración de la infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios como patrón de diseño y la integración entre estas.

Acompaña el código fuente, los elementos de soporte necesarios para realizar la construcción de los componentes, de manera que facilite su uso, su escalabilidad y mantenimiento, por lo tanto una vez analizados los requisitos funcionales y no funcionales, se implementa una herramienta como aplicación web por su orientación a múltiples usuarios, independencia de las máquinas donde se ejecute y a la localización geográfica de contenidos, orientada a un uso online, donde los contenidos dependen de las aportaciones de diferentes usuarios en diferentes locaciones geográficas.

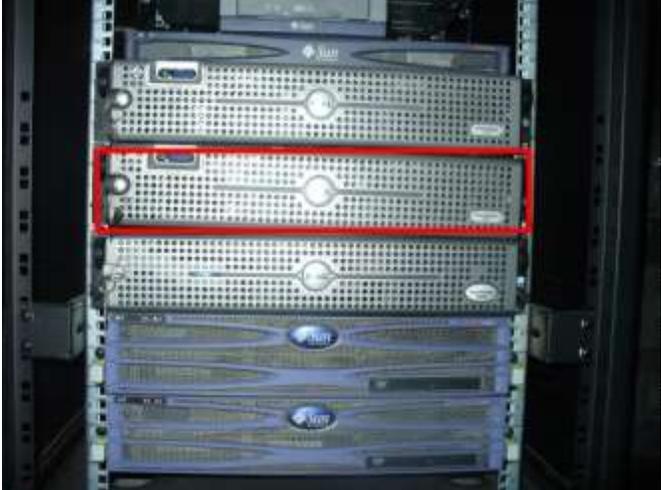
De manera adicional se desarrolla un componente standalone LBS, para dispositivos móviles android, esto como herramienta de apoyo opcional en la recolección de datos, dado el caso de no contar con GPS, los dispositivos móviles puedan actuar como tal.

Las tecnologías utilizadas en la implementación de la infraestructura tecnológica basada en software libre expresada en servicios como patrón de diseño, y el desarrollo de la AppWeb GIS utilizando LBS (*Location Based Services*), para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa son:

### 10.12.1 Hardware

El cuadro 13 describe las características del hardware que actúa como servidor y en el que se implementa la infraestructura de datos espaciales.

Cuadro 13. Servidor de aplicaciones.

| Dato           | Valor                              | Imagen  |
|----------------|------------------------------------|---|
| Procesador     | Intel Xeon Serie 650               |  |
| Memoria RAM    | 4 Gigas                            |   |
| Almacenamiento | 1.5 Teras                          |   |
| Marca          | Dell PowerEdge R810                |   |
| Plataforma     | virtualizado con VMware Server 2.0 |   |

Fuente: Autor

## 10.12.2 Componentes del software servidor de mapas

Los paquetes indicados en el cuadro 14, contiene los componentes de servidor de OpenGeo Suite.

Cuadro 14. Componentes del Servidor OpenGeo Suite.

| Paquete/Componente      | Descripción   | Dependencia   |
|-------------------------|---|---|
| postgis21-postgresql93  | PostGIS 2.1 extensions for PostgreSQL 9.3                 | postgis21postgresql93-server  |
| pointcloud-postgresql93 | Point cloud extensions for PostgreSQL 9.3                 | postgresql93-serverght  |
| geoserver               | GeoServer geospatial data server                          |   |
| opengeo-jai             | Java Advanced Imaging, enhanced image rendering abilities |   |
| geowebcache             | GeoWebCache tile caching server                           |   |
| geoexplorer             | GeoExplorer map composing application                     |   |
| opengeo-dashboard       | OpenGeo Suite Dashboard                                   |   |
| opengeo-docs            | OpenGeo Suite documentation                               |   |
| opengeo-tomcat          | OpenGeo Suite webapps for Tomcat                          | tomcat (Fedora)   tomcat6 (CentOS/RHEL 6)   tomcat5 (CentOS/RHEL 5) |

Fuente: Boundless Company<sup>111</sup>

<sup>111</sup>BOUNDLESS COMPANY. <http://boundlessgeo.com/>

### 10.12.3 Componentes Cliente/librerías

Los siguientes paquetes (Cuadro 15) contienen los componentes cliente para acceder al servidor de mapas.

Cuadro 15. Librerías Cliente OpenGeo Suite

| <b>Paquete/Componente</b> | <b>Descripción</b>                          | <b>Dependencias</b>                           |
|---------------------------|---|---|
| postgis21                 | PostGIS 2.1 userland binaries and libraries | postgresql93-libsgeosprojgdal                 |
| pgadmin3                  | pgAdmin database manager for PostgreSQL     | wxGTK   |
| Ght                       | GeoHash Tree library for point cloud data   |   |
| Pdal                      | Point Cloud format library                  | libgeotiff laszip gdal geos postgresql93-libs |
| Gdal                      | GDAL/OGR format library                     | projgeos postgresql93-libs                    |
| Libgeos                   | GEOS geometry engine                        |   |
| Laszip                    | LiDAR compression utility                   |   |
| Libgeotiff                | GeoTIFF library                             |   |
| Proj                      | Cartographic projection library             |   |

Fuente: Boundless Company

#### 10.12.4 Extensiones o componentes adicionales de GeoServer

De forma adicional y después de la instalación de los componentes fundamentales de pueden usar extensiones (Cuadro 16) para el servidor de mapas GeoServer.

Cuadro 16. Extensiones adicionales de GeoServer.

| <b>Paquete/Componente</b> | <b>Descripción</b>   | <b>Dependencias</b> |
|---------------------------|--|---------------------|
| geoserver-mapmeter        | Mapmeter extension for GeoServer                           | geoserver           |
| geoserver-cluster         | Clustering extension for GeoServer                         | geoserver           |
| geoserver-jdbcconfig      | Database catalog and configuration extension for GeoServer | geoserver           |
| geoserver-css             | CSS styling extension for GeoServer                        | geoserver           |
| geoserver-csw             | Catalogue Service for Web (CSW) extension for GeoServer    | geoserver           |
| geoserver-wps             | Web Processing Service (WPS) extension for GeoServer       | geoserver           |
| geoserver-script          | Scripting extension for GeoServer                          | geoserver           |
| geoserver-mongodb         | MongoDB extension for GeoServer                            | geoserver           |
| geoserver-geopackage      | GeoPackage extension for GeoServer                         | geoserver           |

Fuente: Boundless Company

#### 10.12.5 Componentes del servidor de aplicaciones

Los componentes del cuadro 17, corresponden al servidor de aplicaciones.

Cuadro 17. Componentes del servidor de aplicaciones.

| <b>Paquete/Componente</b> | <b>Descripción</b>  |
|---------------------------|---|
| Apache2                   | Apache es un servidor web basado en el protocolo HTTP   |
| PHP                       | Módulo que se conecta a Servidores Web para interpretar código en el lenguaje de programación PHP y retornarlo como HTML. |

Fuente: Autor

#### 10.12.6 Herramientas de desarrollo

El cuadro 18 muestra las herramientas utilizadas en el desarrollo de la AppWeb GIS – LBS.

Cuadro 18. Herramientas de desarrollo

| <b>Herramienta</b>   | <b>Descripción</b>   |
|----------------------|--|
| <b>Boundless SDK</b> | Kit de desarrollo para construir web map applications.   |
| <b>GeoScript</b>     | Scripting extension for GeoServer.   |
| <b>PHP 5.4.16</b>    | Lenguaje de programación para la web para construir aplicaciones para la Web   |
| <b>PHPMaker</b>      | Herramienta de automatización que genera código PHP con el patrón de diseño CRUD y conexión a bases de datos.  |
| <b>AppInventor</b>   | Lenguaje de programación para dispositivos móviles Android, utiliza la librería Open Blocks de Java para crear un lenguaje visual a partir de bloques, y a Kawa como compilador. |

Fuente: Autor

### 10.13 CONSTRUCCIÓN DE COMPONENTES Y SOFTWARE

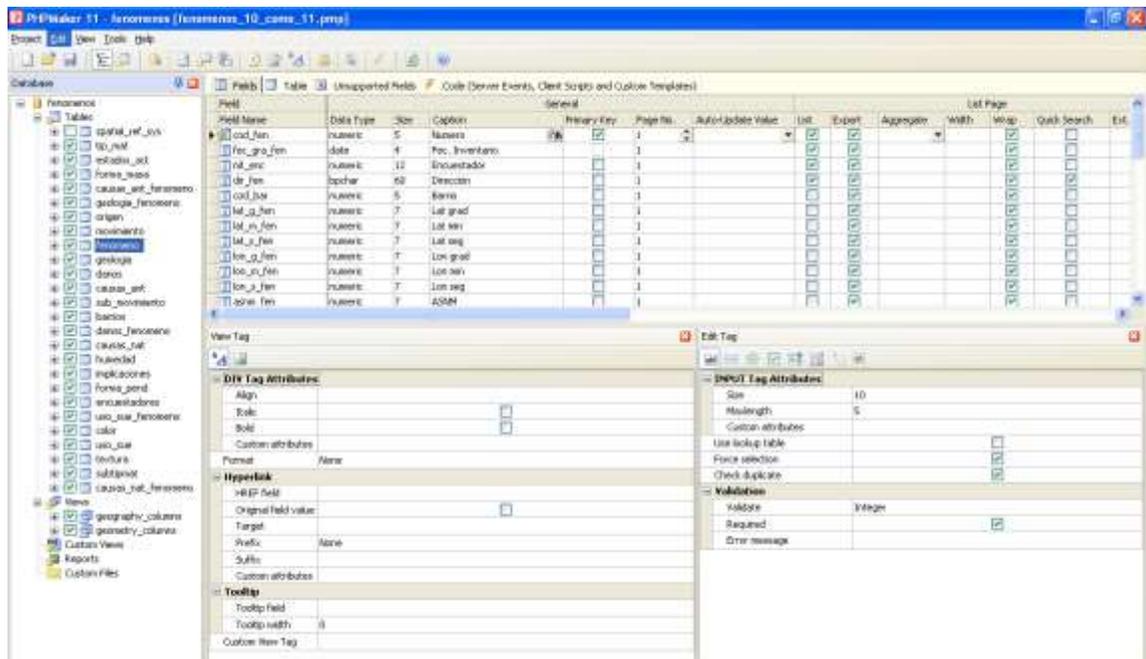
### 10.13.1 Obtención e instalación del paquete de fuentes AppWeb GIS LBS

El código fuente de la AppWeb GIS LBS se encuentra disponible en el servidor de aplicaciones, en root directory, bajo el directorio *fenomenos* (*sin tilde*).

```
# /var/www/fenomenos
```

En caso de requerir cambios se deben realizar directamente en los fuentes aunque de manera opcional se puede realizar a través de la herramienta de desarrollo para ello el archivo del proyecto es *fenomenos.pmp* y se edita con PhpMaker 11 (figura 63), se recomienda que los cambios que se realicen se hagan en un ambiente de prueba local y una vez comprobados los cambios sean publicado en el ambiente de producción en el servidor de aplicaciones.

Figura 63. Ambiente de desarrollo AppWeb GIS.



Fuente: Autor

### 10.13.2 Contenido del paquete de fuentes AppWeb GIS LBS

Se describen a continuación los elementos presentes en el paquete de fuentes de la AppWeb GIS LBS, su organización en el directorio del proyecto y el propósito de cada directorio para entender la organización del paquete de fuentes (Tabla 14).

```
# /var/www/fenomenos
```

Tabla 14. Contenido del paquete de fuentes AppWeb GIS LBS.

| Directorio | Propósito directorio  |
|------------|---|
| /          | Archivos con código fuente de la aplicación todos los archivos son con extensión php, formato <b><i>nombrearchivo.php</i></b> |
| adodb5     | Controladores de acceso a la base de datos.   |
| bootstrap3 | Framework para crear la interfaces y diseños web responsive basados en HTML5 y CSS3.  |
| Calendar   | Pluggins en javascript para el diseño de los objetos de fecha.  |
| Ckeditor   | Pluggins en javascript para el diseño de los objetos tipo observación   |
| Colorbox   | Pluggins en javascript para el diseño de los objetos de visualización de imágenes.  |
| dompdf061  | Pluggins en javascript para exportación en formato PDF.   |
| Fenómenos  | Directorio con archivo XML, con la configuración del proyecto.  |
| Jquery     | Biblioteca en javascript para agregar interacciones y animaciones en los documentos HTML                                      |

Tabla 14 (Continuación)

| Directorio       | Propósito directorio   |
|------------------|--|
| Jqueryfileupload | Biblioteca en javascript para el diseño de los objetos de selección de imágenes  |
| Phpcss           | Hojas de estilo utilizadas en el proyecto  |
| Phpfont          | Directorio para almacenar las fuentes o tipos de letras utilizadas en el proyecto para el diseño de interfaces gráficas                      |
| Phpimages        | Directorio para almacenar las imágenes utilizadas en el proyecto para el diseño de interfaces gráficas                                       |
| Phpjs            | Directorio para almacenar diferentes funciones en javascript utilizados en el proyecto para el diseño de interfaces gráficas                 |
| Phplang          | Directorio que almacena los archivos de lenguajes para permitir que la aplicación sea multi-idioma, en este proyecto solo se usa español.    |
| phpmailer527     | Clases y funciones en php para permitir el envío de correos electrónicos desde la aplicación.  |
| Phptxt           | Directorio que almacene las plantillas que se envían por correo electrónico para restablecer el password en caso de olvido.                  |
| Uploads          | Directorio temporal que almacena las imágenes de los fenómenos de remoción en masa, antes de almacenarse definitivamente en la Base de Datos |

Fuente: Autor

### 10.13.3 Obtención e instalación del paquete de fuentes AppMovil LBS

El código fuente del módulo AppMovil LBS se encuentra disponible en el servidor de aplicaciones, en el root directory, bajo el directorio *fenómenos/móvil\_lbs* (*sin tilde*), en el archivo Geolocalizacion.aia y el instalador Geolocalizacion.apk

```
# /var/www/fenómenos/movil_lbs
```

Este módulo ha sido desarrollado en App Inventor 2

### 10.13.4 Acceso a la base de datos

La configuración de acceso a la base de datos de la AppWeb Gis se presenta en la tabla 15.

Tabla 15. Configuración acceso DB AppWeb GIS LBS

| Directriz     | Configuración   |
|---------------|---|
| Archivo       | ewcfg11.php   |
| Base de datos | define("EW_IS_POSTGRESQL", TRUE, TRUE); // PostgreSQL   |
| Configuración | // Database connection info<br>define("EW_CONN_HOST", 'ip/hostname', TRUE);<br>define("EW_CONN_PORT", 54321, TRUE);<br>define("EW_CONN_USER", 'Usuario BD', TRUE);<br>define("EW_CONN_PASS", 'Password', TRUE);<br>define("EW_CONN_DB", 'Base_de_datos', TRUE); |

Fuente: Autor

El detalle de los componentes que permiten evidenciar la construcción de la AppWeb GIS LBS y el módulo Móvil LBS, es el código fuente que se anexa al proyecto, desde el punto de vista de la funcionalidad el código fuente se materializa con las interfaces gráficas definitivas.

## 10.13.5 Interfaces gráficas definitivas AppWeb GIS

### 10.13.5.1 Interfaz Validar Usuario

**Descripción:** Permite la validación del usuario (figura 64) en el sistema, definiendo el perfil de acceso y dar inicio al módulo de captura de datos para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa.

Figura 64. Interfaz Validar Usuario



The image shows a web interface for user login. On the left, there is a vertical sidebar with a blue header containing the word 'Login'. The main content area is titled 'Fenomenos de Remoción en Masa'. Below the title, there is a breadcrumb navigation element showing a home icon followed by '/ Login'. The login form consists of two input fields: 'User Name' and 'Password'. Below these fields is a dropdown menu labeled 'Options' with a downward arrow. At the bottom of the form is a blue button labeled 'Login'.

Fuente: Autor

### 10.13.5.2 Interfaz Principal

**Descripción:** Esta pantalla describe la interfaz principal (figura 65) para acceder a todas las opciones disponibles en las vistas.

Figura 65. Interfaz Principal

The screenshot shows a web interface for 'Fenomenos de Remoción en Masa'. At the top, there is a breadcrumb trail: 'Administración Textura del suelo'. Below this is a search bar with a dropdown menu set to 'Exacta' and a 'Buscar' button. The main content is a table with the following data:

| Codigo Textura | Nombre Textura |  |  |  |
|----------------|----------------|--|--|--|
| 2              | Limosa         |  |  |  |
| 3              | Arenosa        |  |  |  |
| 4              | Rocosa         |  |  |  |
| 1              | Arcillosa      |  |  |  |

At the bottom of the table, there are pagination controls: 'Pagina' with navigation arrows, '1' in a box, 'de 1', and 'Registros 1 to 4 de 4'. There are also three buttons: a plus sign, a plus sign with a document icon, and a pencil icon.

Fuente: Autor

### 10.13.5.3 Interfaz captura de datos

**Descripción:** Esta pantalla (figura 66) se utiliza para capturar los datos al momento de agregar o modificar un registro, en el caso de tener muchos campos se realizan separaciones mediante **TAB`S**

Figura 66. Interfaz captura de datos

Caracterización de Fenómenos de Remoción en Masa

[Inventario de Fenómenos](#) / [Editar](#)

[Inf. General](#) [Morfometría del fenómeno](#) **Descripción de Materiales** [Clasificación de Movimiento](#) [Registro Fotográfico](#)

**Textura**

**Color**

**Origen**

[Geología del Fenómeno](#) [Uso del Suelo](#) [Causas Antrópicas](#) [Causas Naturales](#) [Daños Causados](#)

| Geología                           | Material   | Submaterial   | niv mat I            | Nivel                | Espesor              |  |
|------------------------------------|--|---|----------------------|----------------------|----------------------|--|
| <input type="text" value="Suelo"/> | <input type="text" value="Otros Transportados"/> | <input type="text" value="Seleccione"/>   | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |  |
| <input type="button" value="+"/>   |  | <ul style="list-style-type: none"><li>Seleccione</li><li><b>Aluviales</b></li><li>Columnales</li><li>Torrenciales</li></ul> |                      |                      |                      |  |

Fuente: Autor

#### 10.13.5.4 Modificación y eliminación múltiple

**Descripción:** El sistema permite realizar operaciones masivas (figura 67) de edición, modificación y borrado bajo el patrón de diseño **GRID**.

Figura 67. Acciones masivas

Caracterización de Fenómenos de Remoción en Masa

🏠 / Administración Subtipos de Material

| Código Subtipo | Nombre Subtipo | Abreviatura | Material   |    |
|----------------|----------------|-------------|--|----|
| 2a             | Hidraulico     | Rah         | rell. antropico botado   | 🗑️ |
| 2b             | Conformado     | Rac         | rell. antropico botado   | 🗑️ |
| 4a             | Arena          |             | Cenizas residuales   | 🗑️ |
| 4b             | Limosas        | Qclm        | Cenizas residuales   | 🗑️ |
| 4c             | Arcillosas     | Qclc        | Seleccione<br>Cenizas residuales<br>Otros Transportados<br>Residuales de Roca<br>rell. antropico botado<br>Flujos Volcanicos<br>Roca ignea<br>Roca Metamorfica<br>Roca Sedimentaria<br>Depositos de caida<br>Basura<br>Limo organico | 🗑️ |
| 5a             | Aluviales      | Qal         |  | 🗑️ |
| 5b             | Coluviales     | Qcv         |  | 🗑️ |
| 5c             | Torrenciales   | Qt          |  | 🗑️ |

+    ✓    ✗

Fuente: Autor

10.13.5.5 Panel de búsquedas

**Descripción:** Se pueden realizar búsquedas básicas y avanzadas (figura 68) mediante el panel de búsquedas.

Figura 68. Panel de Búsquedas

### Caracterización de Fenómenos de Remoción en Masa

Home / Administración Textura del suelo

Exacta Buscar

| Codigo Textura | Nombre Tex |  |  |  |
|----------------|------------|--|--|--|
| 2              | Limosa     |  |  |  |
| 3              | Arenosa    |  |  |  |
| 4              | Rocosa     |  |  |  |
| 1              | Arcillosa  |  |  |  |

Página << < 1 > >> de 1 Registros 1 to 4 de 4

Fuente: Autor

#### 10.13.5.6 Exportar vista actual

**Descripción:** Al seleccionar la opción exportar (figura 69) se pueden exportar los registros de la vista actual en diferentes formatos (Excel, Word, HTML, etc).

Figura 69. Exportar registros

Caracterización de Fenomenos de Remoción en Masa

Administración Subtipos de Material

Exacto

| Codigo Subtipo | Nombre Subtipo | Abreviatura |                       |  |
|----------------|----------------|-------------|-----------------------|--|
| 2a             | Hidraulico     | Rah         |                       |  |
| 2b             | Conformado     | Rac         | Rem. antrópico colado |  |
| 4a             | Arena          |             | Cenizas residuales    |  |
| 4b             | Limosas        | Qclm        | Cenizas residuales    |  |
| 4c             | Arcillosas     | Qclc        | Cenizas residuales    |  |
| 5a             | Aluviales      | Qal         | Otros Transportados   |  |
| 5b             | Coluviales     | Qcv         | Otros Transportados   |  |
| 5c             | Torrenciales   | Qt          | Otros Transportados   |  |

Página 1 de 1 Registros 1 to 8 de 8

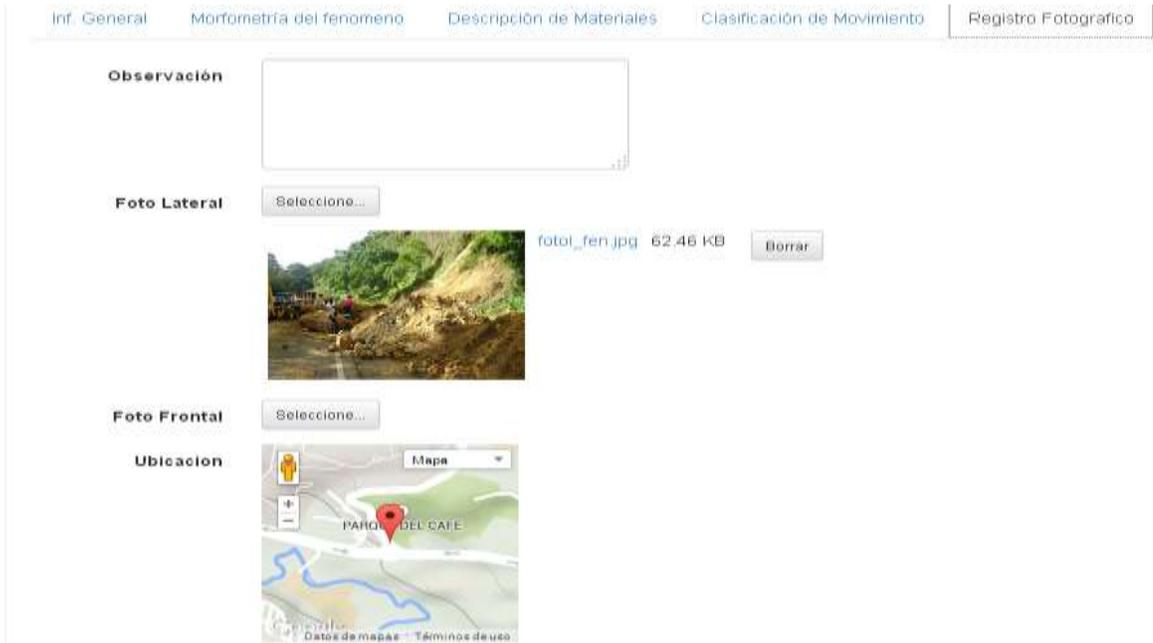
Editar

Fuente: Autor

#### 10.13.5.7 Visualización de imágenes y geodatos

**Descripción:** Los objetos gráficos se visualizan tal como lo indica la figura 70, para la visualización de los objetos geográficos se recurre a la API de Google Maps, en caso de dar click sobre una imagen esta se expande (figura 71).

Figura 70. Visualización de imágenes y geodatos (A)



Fuente: Autor

Figura 71. Visualización de imágenes y geodatos (B)



Fuente: Autor

### 10.13.5.8 Acciones Maestro/Detalle

**Descripción:** Para la captura de datos tipo maestro detalle se recurre a la siguiente interfaz gráfica (figura 72).

Figura 72. Captura de datos maestro/detalle

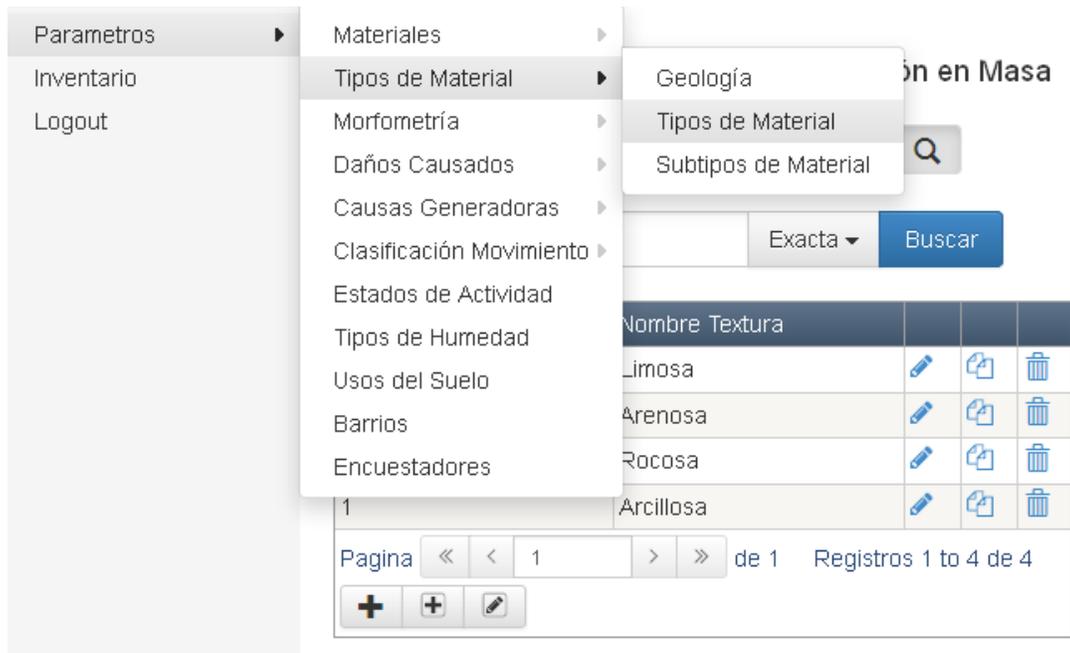


Fuente: Autor

### 10.13.5.9 Visualización del menú principal.

**Descripción:** El menú principal se visualiza en una barra lateral al lado izquierdo de la pantalla como lo muestra la figura 73.

Figura 73. Menú principal



Fuente: Autor

#### 10.13.5.10 Visualización desde dispositivos móviles.

**Descripción:** La visualización desde dispositivos móviles utiliza la tecnología responsive, dependiendo de la orientación del dispositivo bien sea horizontal o vertical y sin importar el tamaño de la pantalla la aplicación se adapta (figura 74 y 75).

Figura 74. Visualización desde móviles



Fuente: Autor

Figura 75. Menú adaptable desde móviles



Fuente: Autor

## 10.13.6 Interfaces gráficas definitivas App Móvil LBS

### 10.13.6.1 Interfaz App Movil LBS

**Descripción:** Permite la georeferenciación de los fenómenos de remoción en masa (figura 76) utilizando como apoyo dispositivos móviles con sistema operativo Android.

Figura 76. Interfaz App Módulo LBS



Fuente: Autor

## 10.14 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE INFRAESTRUCTURA “IDE”

Una vez seleccionada y caracterizada la infraestructura tecnológica basada en software libre, para la implementación de geographic information system (GIS) expresada en servicios, este apartado documenta el proceso de implantación y adaptación de dicha infraestructura de datos espaciales en un ambiente de producción.

### 10.14.1 Instalación CentOS 6.4 Minimal

- Iniciar con el DVD de CentOS.
- Seguir los pasos de instalación, seleccionando los parámetros como:

Idioma

Teclado

Zona Horaria

Contraseña de root

Particionamiento de disco

- Una vez finalizada la instalación reiniciar.
- Iniciar sesión con usuario **root** y la clave asignada

```
# cat /etc/centos-release  
CentOS release 6.4 (Final)
```

```
# rpm -q centos-release  
centos-release-6-4.el6.centos.11.2.x86_64
```

```
# uname -m  
x86_64
```

## 10.14.2 Configurar interface de red

- **Configuración DHCP.**

Editar el archivo ifcfg-eth0 para configurar la tarjeta de red:

```
# vi /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0
```

Al abrir el editor **vi**, pulsar la tecla “i” (significa insertar y sin las comillas) y dónde dice **ONBOOT=no** hay que cambiarlo por **ONBOOT=yes**

Pulsar la tecla Esc, y escribir “:wq” pulsar enter (wq significa “write quit” escribir y salir).

De esta forma se le informa al sistema que cuando inicia tiene que activar el servicio de red.

Para levantar el servicio de red luego de este cambio se reinicia el servicio

```
# /etc/init.d/networking restart
```

Para comprobar que la configuración de la red y la IP asignada a la interface eth0 por el servidor **DHCP** de la red, ejecutar el comando.

```
# ifconfig -a
```

- **Configuración IP fija.**

En el Shell escribir:

```
# vi /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0
```

Abrir el editor vi, pulsar la tecla “i” (significa insertar y sin comillas) debe quedar de la siguiente forma:

```
DEVICE=eth0
TYPE=Ethernet
UUID=397cac28-b7ec-41b2-8e9c-dd980e9f46fc
ONBOOT=yes
NM_CONTROLEED=yes
BOOTPROTO=none
HWADDR=08:00:27:15:66:37
IPADDR=192.168.1.xxx (Acá va la IP)
PREFIX=24
GATEWAY=192.168.1.xxx (Acá va la Puerta de enlace)
DNS1=192.168.1.xxx (Acá va el DNS)
DEFROUTE=yes
IPV4_FAILURE_FATAL=yes
IPV6INIT=no
NAME="System eth0"
NETMASK=255.255.255.0 (Acá va la Máscara de red)
USERCTL=no
```

Especificar el hostname y Gateway en el archivo network.

```
# vi /etc/sysconfig/network
```

Debe quedar una configuración similar a la siguiente:

```
NETWORKING=yes
HOSTNAME= (el nombre de tu pc)
GATEWAY=192.168.1.xxx (Acá va la Puerta de enlace)
```

Por último se configura los DNS, para ello en el Shell escribir:

```
# vi /etc/resolv.conf
```

Agregar los DNS dependiendo de la configuración de la red, la configuración quedará similar a la siguiente:

```
nameserver: 200.69.193.2  
nameserver: 200.69.193.1
```

Se debe usar los DNS que asigne el proveedor de internet

- **Reiniciar el servicio**

```
# /etc/init.d/networking restart
```

- **Comprobar que hay conexión a Internet**

```
# ping www.google.com
```

### 10.14.3 Instalar programas de utilidad y activar repositorios

Después de configurar la red, se instalan algunos programas entre ellos un editor que puede ser gráfico pero de fácil uso.

En el Shell escribir:

```
# yum install nano wget gd curl zlib
```

Aparece la siguiente respuesta (figura 77).

Figura 77. Instalación de programas de utilidad.

```
Dependencies Resolved
=====
Package                Arch             Version          Repository       Size
=====
Installing:
gd                     x86_64          2.0.35-11.el6   base             142 k
wget                   x86_64          1.12-1.11.el6_5 updates          483 k
Installing for dependencies:
libXpm                 x86_64          3.5.10-2.el6    base             51 k
=====
Transaction Summary
=====
Install                3 Package(s)

Total download size: 675 k
Installed size: 2.4 M
Is this ok [y/N]: 
```

Fuente: Autor

- **Activar repositorios:**

Edita el archivo de repositorios:

```
# nano /etc/yum.repos.d/CentOS-Base.repo
```

Buscar los repositorios “**contrib** y **centosplus**” y dónde dice **Enable=0** cambiarlo por **Enable=1**

Grabar y salir (“**Ctrl + X**”)

- **Actualizar el equipo:**

```
# yum update
```

- **Instalar entorno gráfico y reiniciar**

```
# yum -y groupinstall x11 basic-desktop general-desktop
# Init 0
```

Una vez se reinicie escribir para iniciar una consola gráfica.

```
# startx
```

- **Activar los repositorios RPMForge y EPEL**

### **RPMForge:**

Abrir una terminal y escribir:

```
# wget http://pkgs.repoforge.org/rpmforge-release/rpmforge-release-0.5.3-1.el6.rf.x86\_64.rpm
# rpm -Uvh rpmforge-release-0.5.3-1.el6.rf.x86_64.rpm
# wget http://pkgs.repoforge.org/rpmforge-release/rpmforge-release-0.5.3-1.el6.rf.x86_64.rpm
# rpm -Uvh rpmforge-release-0.5.3-1.el6.rf.x86_64.rpm
```

### **EPEL:**

```
# wget http://ftp.riken.jp/Linux/fedora/epel/RPM-GPG-KEY-EPEL-6
# rpm --import RPM-GPG-KEY-EPEL-6
# rm -f RPM-GPG-KEY-EPEL-6
# wget http://dl.fedoraproject.org/pub/epel/6/x86\_64/epel-release-6-8.noarch.rpm
# rpm -ivh epel-release-6-8.noarch.rpm
# rm epel-release-6-8.noarch.rpm
```

- **Actualizar el sistema:**

```
# yum update
```

## 10.14.4 Instalación de apache

```
# yum install httpd
```

- **Reiniciar el servicio**

```
# service httpd start
```

- **Configurar para que se inicie junto al sistema**

```
# chkconfig --level 345 httpd on
```

- **Configuración del puerto IPTABLES:**

```
# nano /etc/sysconfig/iptables
```

Añadir la siguiente línea:

```
-A INPUT -m state --state NEW -m tcp -p tcp --dport 80 -j ACCEPT
```

- **Reiniciar IPTABLES:**

```
# service iptables restart
```

#### 10.14.5 Instalación de MySQL, PHP y PHPMyAdmin

La instalación del servidor de bases de datos MySQL y PHPMyadmin es opcional.

```
# yum install mysql mysql-server
```

- **Iniciar el servicio:**

```
# service mysqld start
```

- **Ejecutar el script de seguridad de mysql:**

```
# mysql_secure_installation
```

Configurar para que MySQL inicie con el sistema.

```
# chkconfig --level 2345 mysqld on
```

- **Instalación de PHP y algunas librerías para conectarlo con MySQL**

```
# yum install php php-mysql php-pdo php-gd php-soap php-xmlrpc  
php-xml php-cli php-mbstring php-pear mod_ssl
```

- **reiniciar el servicio de apache para que cargue las nuevas configuraciones:**

```
# service httpd restart
```

- **Instalación de PHPMyAdmin**

```
# yum install phpmyadmin
```

Dar de alta la librería mcrypt, para lo cual fue necesario tener el repositorio Epel

```
# yum --enablerepo=epel install php-mcrypt -y
```

Editar el archivo de configuración de phpmyadmin

```
# nano /etc/httpd/conf.d/phpmyadmin.conf
```

Dónde dice “Deny from all” cambiar a “Allow from all”.

En el archivo config.inc.php

```
# nano/usr/share/phpmyadmin/config.inc.php
```

Escribir algo dónde dice (Cualquier cosa)

```
$cfg['blowfish_secret'] = 'ponalgoaquí '
```

No importa mucho la cadena de texto, simplemente que no vaya vacía, con esto se podrá acceder a PHPMyAdmin desde la máquina virtual, con el nombre de usuario y la contraseña que se haya configurado en el script de instalación de MySQL.

#### 10.14.6 Muro de seguridad

- **Desactivación de SELinux**

Además de IPTables, existe otra seguridad en CentOS llamada SELinux. Es necesario desactivarla, Para entrar por phpMyadmin y otros servicios remotos.

- **Verificar el estado del comando:**

```
# getsebool
```

- **Para cambiarlo editar**

```
# nano /etc/sysconfig/selinux
```

Queda una configuración similar a la siguiente:

```
This file controls the state of SELinux on the system.
# SELINUX= can take one of these three values:
#     enforcing - SELinux security policy is enforced.
#     permissive - SELinux prints warnings instead of enforcing.
#     disabled - No SELinux policy is loaded.
SELINUX=disabled
# SELINUXTYPE= can take one of these two values:
#     targeted - Targeted processes are protected,
#     mls - Multi Level Security protection.
SELINUXTYPE=targeted
```

Cambiar la última línea por “**SELINUX=disabled**”. Guardar, cerrar, volver a verificar el estado para ver si es necesario reiniciar el servicio.

## 10.14.7 Instalación de OpenGeoSuite

En la línea de comandos del Shell escribir

```
# cd /etc/yum.repos.d
# wget http://yum.opengeo.org/suite/v3/centos/6/x86\_64/OpenGeo.repo
# yum install opengeo-suite
```

Escribir “Y” para que instale las dependencias, cuando termine de instalar modificar las IPTABLES para dar acceso al puerto 8080, que es como se configura por defecto el Opengeosuite.

```
# nano /etc/sysconfig/iptables
```

- **Añadir la siguiente línea y guardar con (CTRL + X):**  
-A INPUT -m state --state NEW -m tcp -p tcp --dport 8080 -j ACCEPT
- **Reiniciar las IPTABLES**

```
# service iptables restart
```

Una vez terminada la instalación se puede acceder a la infraestructura de datos espaciales tal como lo indica la tabla 16.

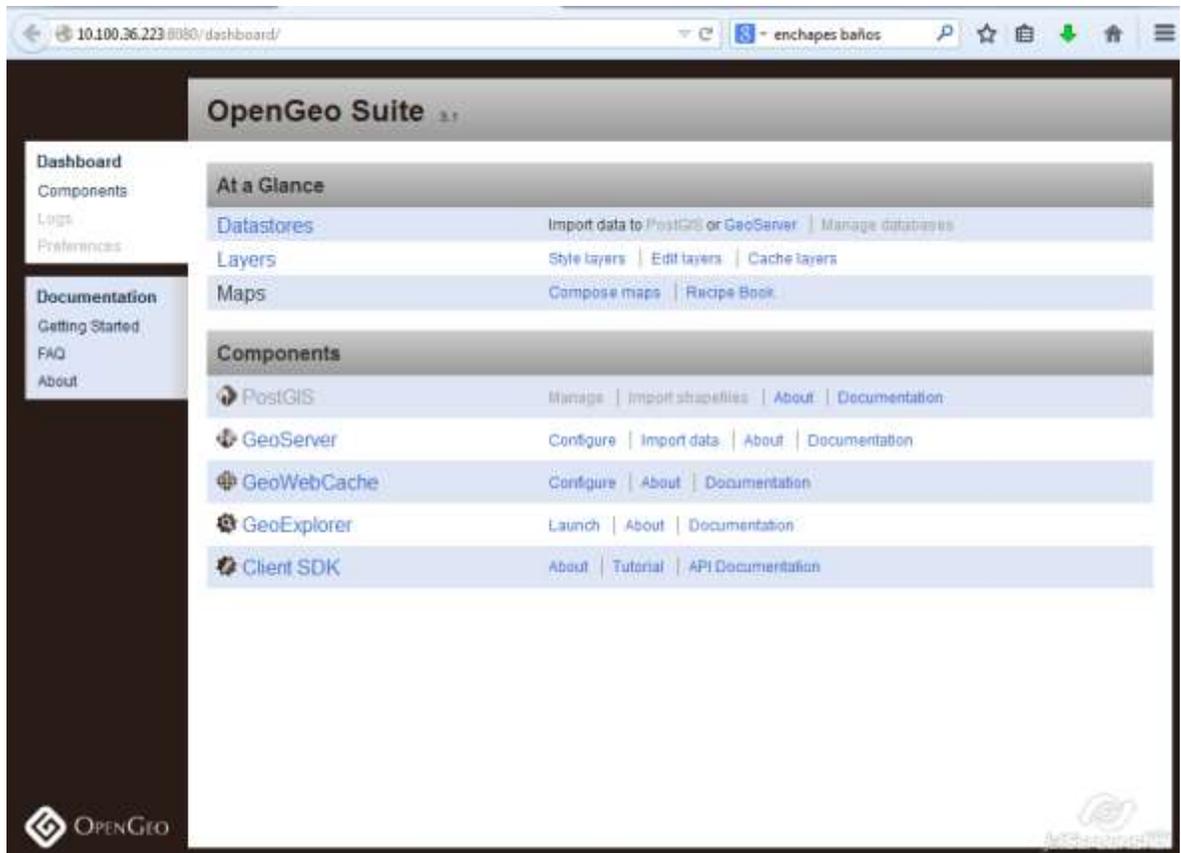
Tabla 16. Acceso a la infraestructura de datos espaciales OpenGeo Suite.

| Aplicación                  | URL   |
|-----------------------------|---|
| OpenGeo Suite dashboard     | <a href="http://la.ip.dela.maquina:8080/dashboard/">http://la.ip.dela.maquina:8080/dashboard/</a>       |
| GeoServer                   | <a href="http://la.ip.dela.maquina:8080/geoserver/">http://la.ip.dela.maquina:8080/geoserver/</a>       |
| GeoExplorer                 | <a href="http://la.ip.dela.maquina:8080/geoexplorer/">http://la.ip.dela.maquina:8080/geoexplorer/</a>   |
| OpenGeo Suite Documentation | <a href="http://la.ip.dela.maquina:8080/opengeo-docs/">http://la.ip.dela.maquina:8080/opengeo-docs/</a> |
| OpenGeo Recipe Book         | <a href="http://la.ip.dela.maquina:8080/recipes/">http://la.ip.dela.maquina:8080/recipes/</a>           |

Fuente: Autor

El Dashboard se constituye en el elemento principal de acceso a la infraestructura de datos espaciales, el resultado es un acceso desde un navegador tal como la muestra la figura 78.

Figura 78. OpenGeo Suite Dashboard componentes.



Fuente: Autor

### Notas:

El proceso de instalación arroja tres advertencias, las cuales no impiden que OpenGeo Suite funcione, pero se detallan a continuación y su solución:

### Advertencia 1:

```
Installing: opengeo-postgis-3.1-1.x86_64      130/149
Parando el servicio postgresql-9.2:         [ OK ]
Iniciando la base de datos:                  [ OK ]
Iniciando servicios postgresql-9.2:         [ OK ]
Could not start postgresql. Check above for the error and run
/usr/share/opengeo-postgis/postgis-setup.sh once postgresql has
been started.
```

### Explicación:

El script `/usr/share/opengeo-postgis/postgis-setup.sh` intenta iniciar el servicio **postgresql**, que se instala por defecto en el sistema operativo, pero este no está instalado, el que se instala con OpenGeo se llama **postgresql-9.2**.

El script trata de configurar **postgis**, al no lograrlo queda inhabilitado en el dashboard los enlaces del PostGis, aun así **PostGis** queda funcional e integrado con **postgresql-9.2**. Para el caso de instalaciones en Windows los enlaces a pgAdmin, y PostGIS, funcionan adecuadamente.

En el caso de CentOS se puede iniciar algún administrador por aparte (pgAdmin) o por línea de comandos (psql).

### Advertencia 2:

```
Installing : opengeo-geoserver-3.1-1.x86_64  148/149
Stopping tomcat6:                             [ OK ]
Starting tomcat6:                              [ OK ]
NOTICE: Please run /usr/share/opengeo-suite/geoserver-setup.sh to
complete this installation.
```

### Explicación:

`/usr/share/opengeo-suite/geoserver-setup.sh` es el script “GeoServer Post Configuration”, el cual permite cambiar:

URL de acceso al servidor en caso de ser público

Usuario (Por defecto es admin)

Password (Por defecto es geoserver)

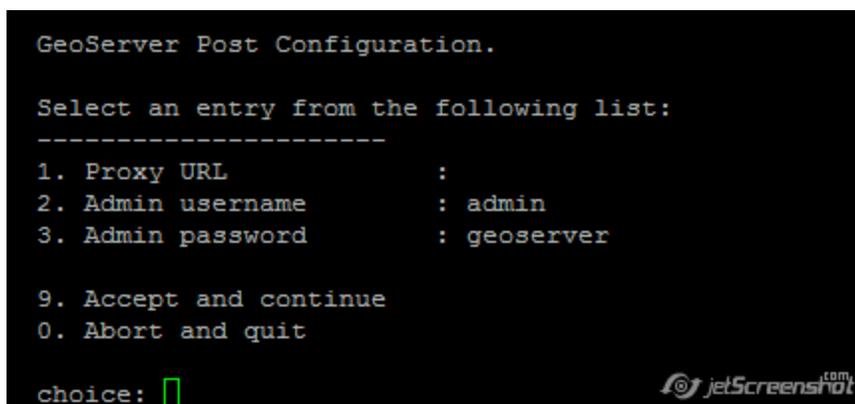
Este script presenta varios errores, el primero es que hace mención al comando:

`/usr/share/opengeo-suite-data/geoserver_data/security/users.properties` el cual no existe, para solucionar este problema debe:

```
# cd /usr/share/opengeo-suite-  
data/geoserver_data/security/users.properties  
# cp users.properties.old users.properties  
# cd /usr/share/opengeo-suite  
# chmod 777 geoserver-setup.sh  
# ./geoserver-setup.sh
```

El script `geoserver-setup.sh` muestra las siguientes opciones(figura 79).

Figura 79. Opciones del script `geoserver-setup.sh`



```
GeoServer Post Configuration.  
  
Select an entry from the following list:  
-----  
1. Proxy URL           :  
2. Admin username      : admin  
3. Admin password      : geoserver  
  
9. Accept and continue  
0. Abort and quit  
  
choice: █
```

Fuente: Autor

Al seleccionar alguna de las opciones (1, 2,3) el script hace referencia al servicio tomcat5, pero el servicio instalado es tomcat6, por lo tanto se deben realizar los cambios respectivos editando el script.

Para no tener problemas con este script, cuando se desee cambiar URL de acceso al servidor en caso de ser público, Usuario y Password, se recomienda realizarlo a través del dashboard en la opción de seguridad en User, Groups, Roles (figura 80).

Figura 80. Opciones de Seguridad OpenGeo.



Fuente: Autor

### Advertencia 3:

```
Installing: opengeo-suite-3.1-1.x86_64          149/149
NOTICE: Please run /usr/share/opengeo-suite/tomcat-admin-setup.sh
to complete this installation.
```

### Explicación:

El script `/usr/share/opengeo-suite/tomcat-admin-setup.sh`, (figura 81) se encarga de postconfigurar el servidor tomcat, pero este ya es funcional con la instalación de OpenGeo-Suite.

Figura 81. Administración de servicio Tamcat de OpenGeo.

```
Tomcat Manager Configuration for OpenGeo Suite.  
  
Select an entry from the following list:  
-----  
1. Manager username      : manager  
2. Manager password     : manager  
  
9. Accept and continue  
0. Abort and quit  
  
choice: █
```

Fuente: Autor

Con lo anterior el servidor está en funcionamiento para gestión de mapas **shpfiles**, pero para mapas con bases de datos no, por lo tanto es necesario configurar el servidor de bases datos **Postgresql**.

#### 10.14.8 Configuración de PostgreSQL.

Cuando se instala PostgreSQL como parte de OpenGeo-Suite se crean:

- Los archivos de configuración postgresql.conf y pg\_hba.conf en el directorio /var/lib/pgsql/9.2/data
- El usuario opengeo con password opengeo con privilegios administrativos
- El usuario administrador postgres y no posee contraseña

Por seguridad se le debe asignar una contraseña al usuario **postgres**, para ello:

- **Loguearse con el usuario postgres**

```
# su - postgres
psql -c "ALTER user postgres WITH password 'contraseña'"
```

Para listar las bases existentes

```
psql -l
```

La figura 82 muestra que hay bases de datos geográficas de prueba y el componente geográfico PostGIS en el *template\_postgis*.

Figura 82. Bases de datos creadas por OpenGeo Suite.

| List of databases |          |          |             |             |  |
|-------------------|----------|----------|-------------|-------------|--|
| Name              | Owner    | Encoding | Collate     | Ctype       | Access privileges                      |
| geoserver         | opengeo  | UTF8     | en_US.UTF-8 | en_US.UTF-8 |  |
| medford           | opengeo  | UTF8     | en_US.UTF-8 | en_US.UTF-8 |  |
| postgres          | postgres | UTF8     | en_US.UTF-8 | en_US.UTF-8 |  |
| template0         | postgres | UTF8     | en_US.UTF-8 | en_US.UTF-8 | =c/postgres +<br>postgres=CTc/postgres |
| template1         | postgres | UTF8     | en_US.UTF-8 | en_US.UTF-8 | =c/postgres +<br>postgres=CTc/postgres |
| template_postgis  | postgres | UTF8     | en_US.UTF-8 | en_US.UTF-8 |  |

(6 rows)

Fuente: Autor

- **Acceder a la base de datos**

```
psql geoserver
psql (9.2.0)
Type «help» for help.

geoserver=#
```

- **Prueba de consulta**

```
geoserver=# SELECT version();
```

- **Para salir de psql**

```
geoserver=# \q
-bash-4.1$ exit
```

- **Configurar postgresql.conf**

Editar el archivo `/var/lib/pgsql/data/postgresql.conf` en la sección **Connection Settings**. El puerto por defecto de **PostgreSQL** es 5432 y por defecto viene comentado así como el parámetro **listen\_addresses**, que su opción por defecto es **localhost**, lo que significa que solo escuchará conexiones desde el propio servidor.

```
#-----
# CONNECTIONS AND AUTHENTICATION
#-----
# CONNECTIONS AND AUTHENTICATION
#-----

# - Connection Settings -

#listen_addresses = 'localhost'      # what IP address(es) to
                                     # listen on;
# comma-separated list of addresses;
# defaults to 'localhost', '*' = all
# (change requires restart)
#port = 5432                          # (change requires restart)
```

Para permitir que se conecten los clientes (PgAdmin) desde cualquier equipo de la red, el archivo debe quedar de la siguiente manera:

```

#-----
# CONNECTIONS AND AUTHENTICATION
#-----

# - Connection Settings -

listen_addresses = '*'      # what IP address(es) to listen on;
# comma-separated list of addresses;
# defaults to 'localhost', '*' = all
# (change requires restart)
port = 5432                  # (change requires restart)

```

- **Configurar pg\_hba.conf**

Editar el archivo **pg\_hba.conf** para especificar el método de autenticación de los clientes. Por defecto solo se habilita al propio servidor con la opción **ident**.

```

# TYPE      DATABASE      USER      ADDRESS      METHOD
host       all           opengeo   127.0.0.1/32  ident
local     all           opengeo
# "local" is for Unix domain socket connections only
local     all           all
# IPv4 local connections:
host       all           all       127.0.0.1/32  ident
# IPv6 local connections:
host       all           all       ::1/128      ident

```

Agregar la red local para acceder a las bases con autenticación md5. También cambiar ident por md5 para el propio servidor.

```

# TYPE      DATABASE      USER      ADDRESS      METHOD
host       all           opengeo   127.0.0.1/32  md5
host       all           opengeo   10.100.37.0/23 md5
local     all           opengeo
# "local" is for Unix domain socket connections only
local     all           all
# IPv4 local connections:

```

```
host    all          all          127.0.0.1/32    md5
# IPv6 local connections:
host    all          all          ::1/128         md5
# Red Local connections:
host    all          all          10.100.37.0/23 md5
```

- **Reiniciar PostgreSQL**

```
# service postgresql-9.2 restart
```

- **Configurar para que se inicie junto al sistema**

```
# chkconfig --level 2345 postgresql-9.2 on
```

- **Configuración del puerto IPTABLES:**

Dependiendo del método que se utilice para configurar el firewall, se debe permitir el acceso al puerto 5432 al servidor.

```
# nano /etc/sysconfig/iptables
```

Añadir la siguiente línea:

```
-A INPUT -m state --state NEW -m tcp -p tcp --dport 5432 -j ACCEPT
```

- **Reiniciar IPTABLES:**

```
# service iptables restart
```

- **Acceso desde máquinas remotas**

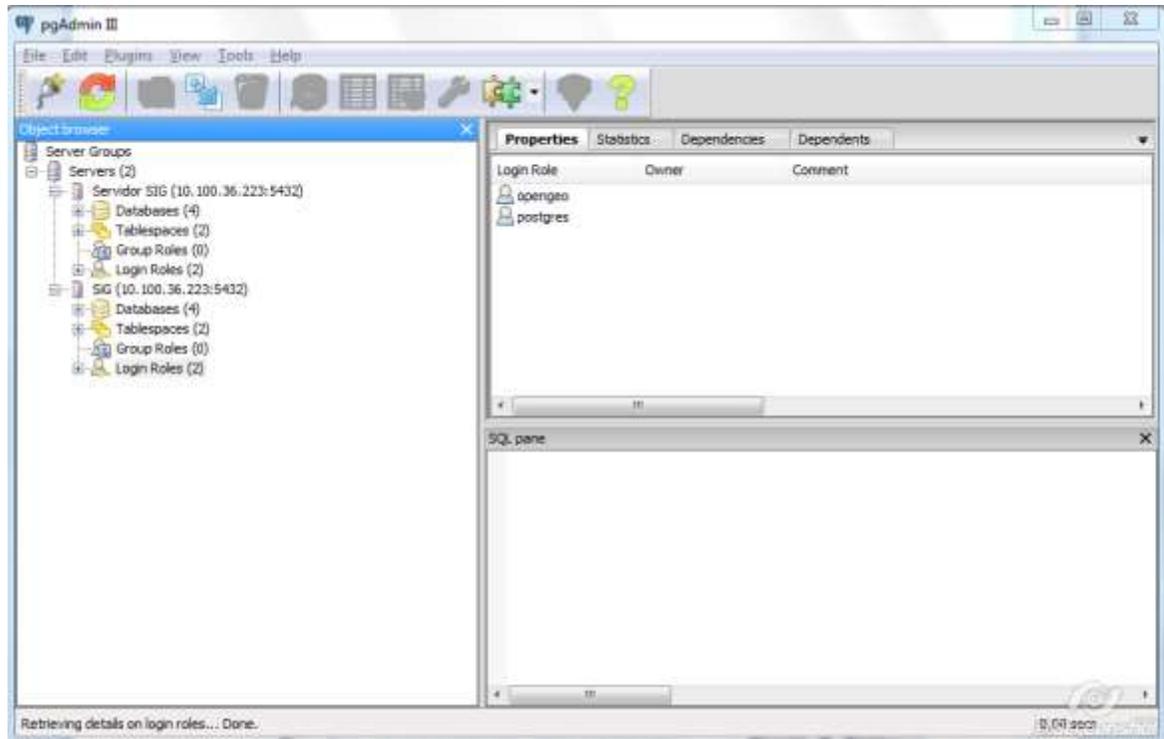
Para acceder desde una máquina remota a la base de datos donde dbserver es el host (nombre del servidor o IP), postgres es el usuario y midb la base de datos a la que se quiere acceder.

Línea de comandos

```
psql -h dbserver -U postgres -d midb
```

Por ejemplo desde el cliente gráfico PgAdmin (figura 83).

Figura 83. Cliente gráfico para acceder remotamente a PostgreSQL.



Fuente: Autor

Una vez realizadas estas configuraciones se tiene la infraestructura de datos espaciales configurada en el servidor y lista para ser integrada con la AppWeb GIS y los desarrollos futuros.

## 10.15 PLAN DE PRUEBAS DE INTEGRACION DEL SISTEMA

El presente apartado describe las especificaciones de integración de los componentes o subsistemas, guiado por el diseño arquitectónico, estas pruebas garantizan la interacción entre los componentes, para ello se aborda la integración desde 3 aspectos.

- Migración de archivos SHP a BD
- Adaptar la infraestructura tecnológica expresada en servicios.
- Integrar el desarrollo AppWeb GIS - LBS, con la infraestructura tecnológica GIS expresada en servicios.

### 10.15.1 Migración de archivos SHAPEFILE a PostgreSQL

En la fase de recolección de datos, se suministraron archivos en formato SHP, por lo tanto estos datos deben ser convertidos a tablas PostGIS, a continuación describe este proceso.

#### 10.15.1.1 Instalacion de cliente GIS

- Instalar un cliente de escritorio GIS se recurre a QGIS<sup>112</sup> (Quantum GIS) Version 1.8 o superior. Una vez instalado abrir y se muestra la siguiente interfaz (figura 84) .

---

<sup>112</sup><http://qgis.org/>. QGIS es un cliente GIS de escritorio parte del OGC

Figura 84. Interface Gráfica de Quantum GIS.



Fuente: Autor.

### 10.15.1.2 Creacion de DB Postgres/Postgis

- Abrir el **pgAdmin** (figura 85) e ingresar al servidor de BD con el usuario y clave configurado.

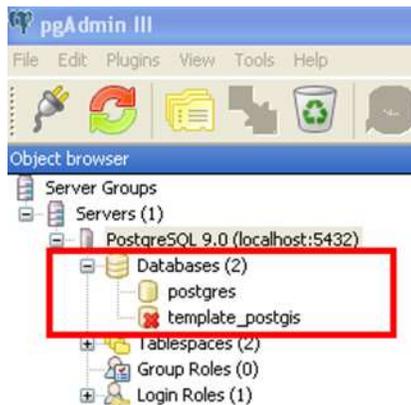
Figura 85. Crear BD Postgres/Postgis.



Fuente: Autor

- Si la conexión es exitosa se muestran las bases de datos y la plantilla de funciones **template\_postgis** (figura 86).

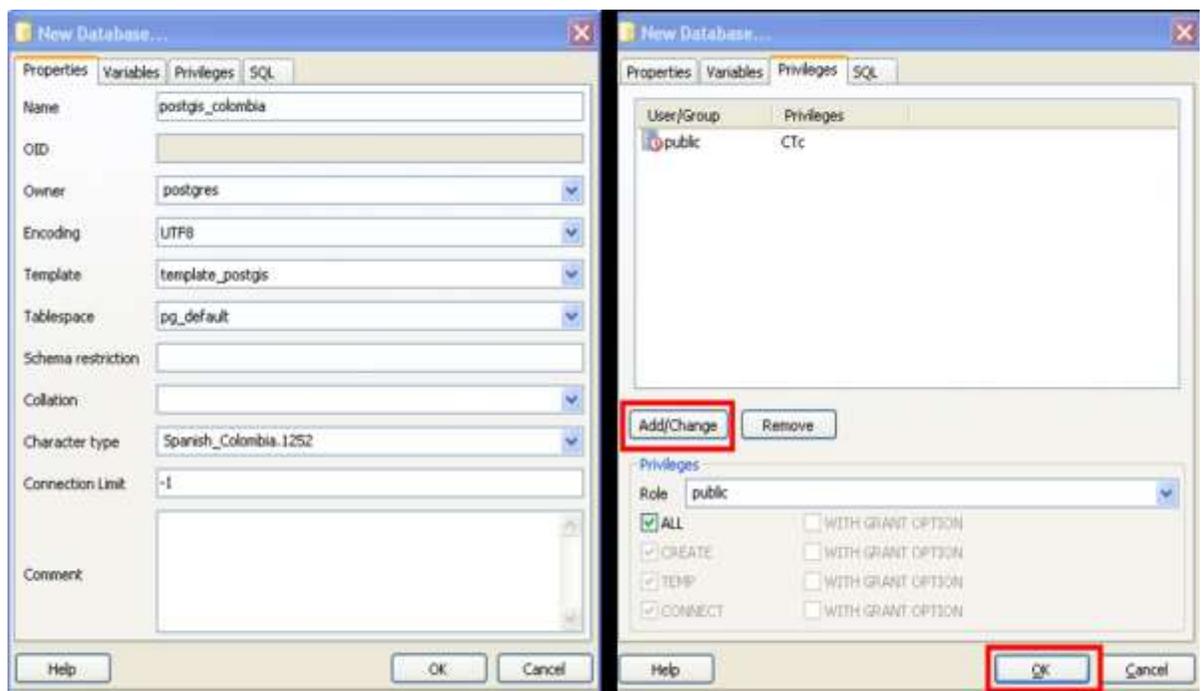
Figura 86. Acceso a la bases de datos PostgreSQL



Fuente: Autor

- Se crea una nueva base de datos con el nombre postgis\_colombia y la configuración que se muestra en la figura 87.

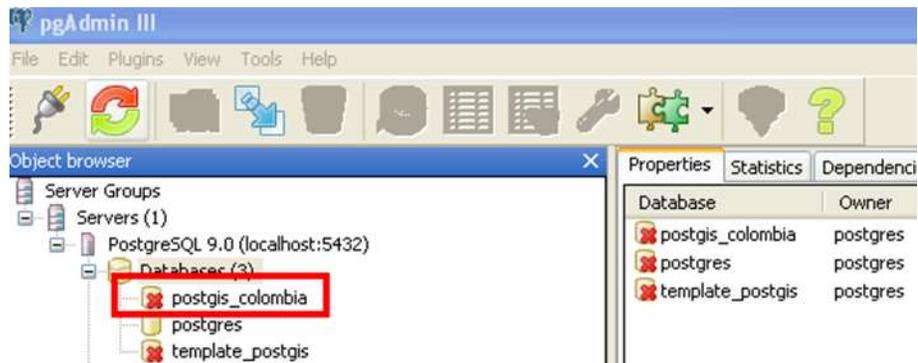
Figura 87. Creación de una nueva base de datos PostgreSQL/PostGIS



Fuente: Autor

El resultado de la creación de la BD es el siguiente (figura 88).

Figura 88. Base de datos PostgreSQL/PostGIS creada.

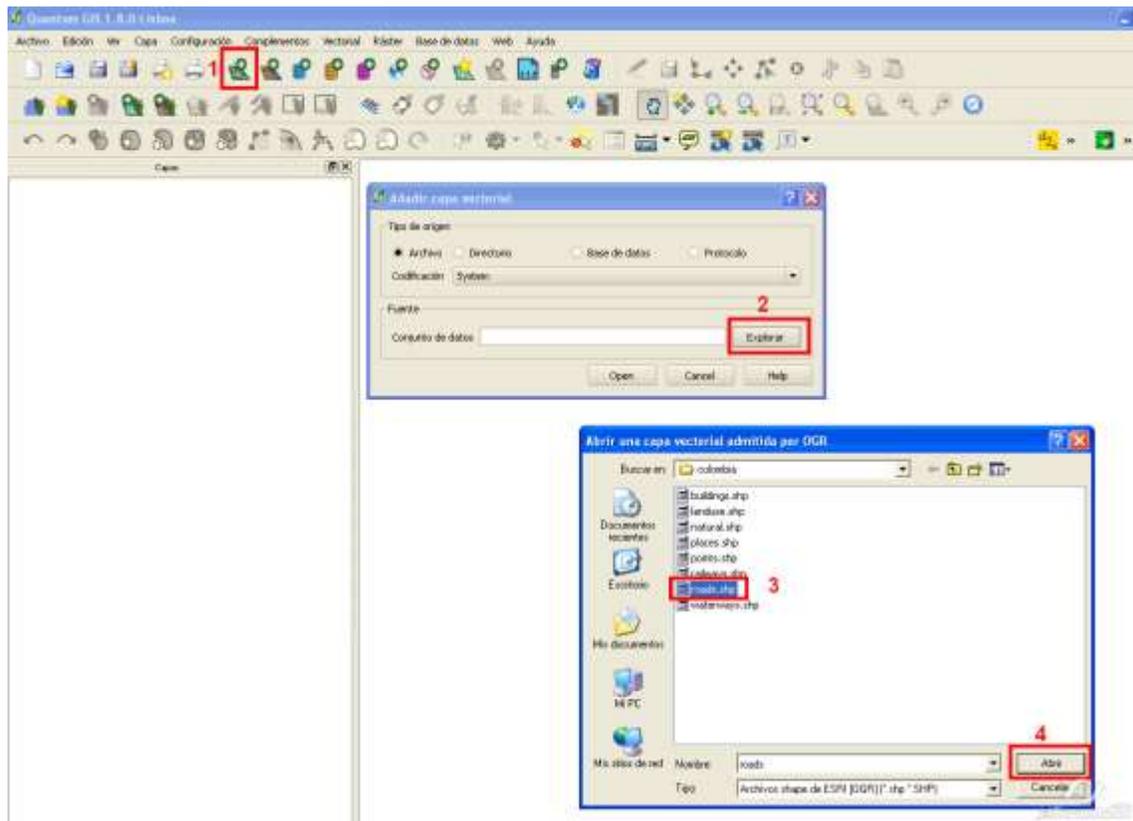


Fuente: Autor.

### 10.15.1.3 Conversion de Shp a Postgres/Postgis

- Una vez creada la base de datos **postgis\_colombia** abrir el Quantum Gis, y seleccionar los archivos **Shp** (figura 89).

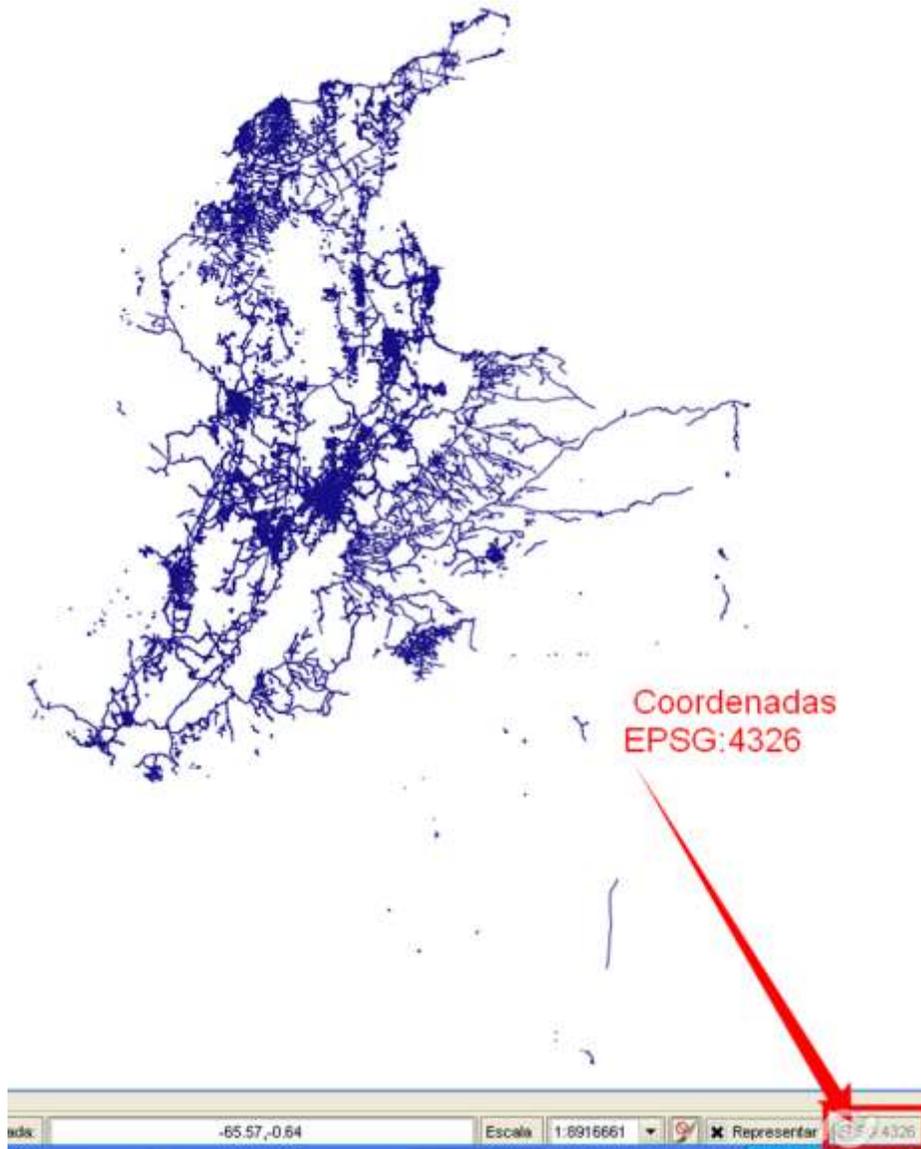
Figura 89. Selección de archivos shp.



Fuente: Autor

- El archivo en formato shape se muestra como lo indica la figura 90, con el origen de coordenadas originales.

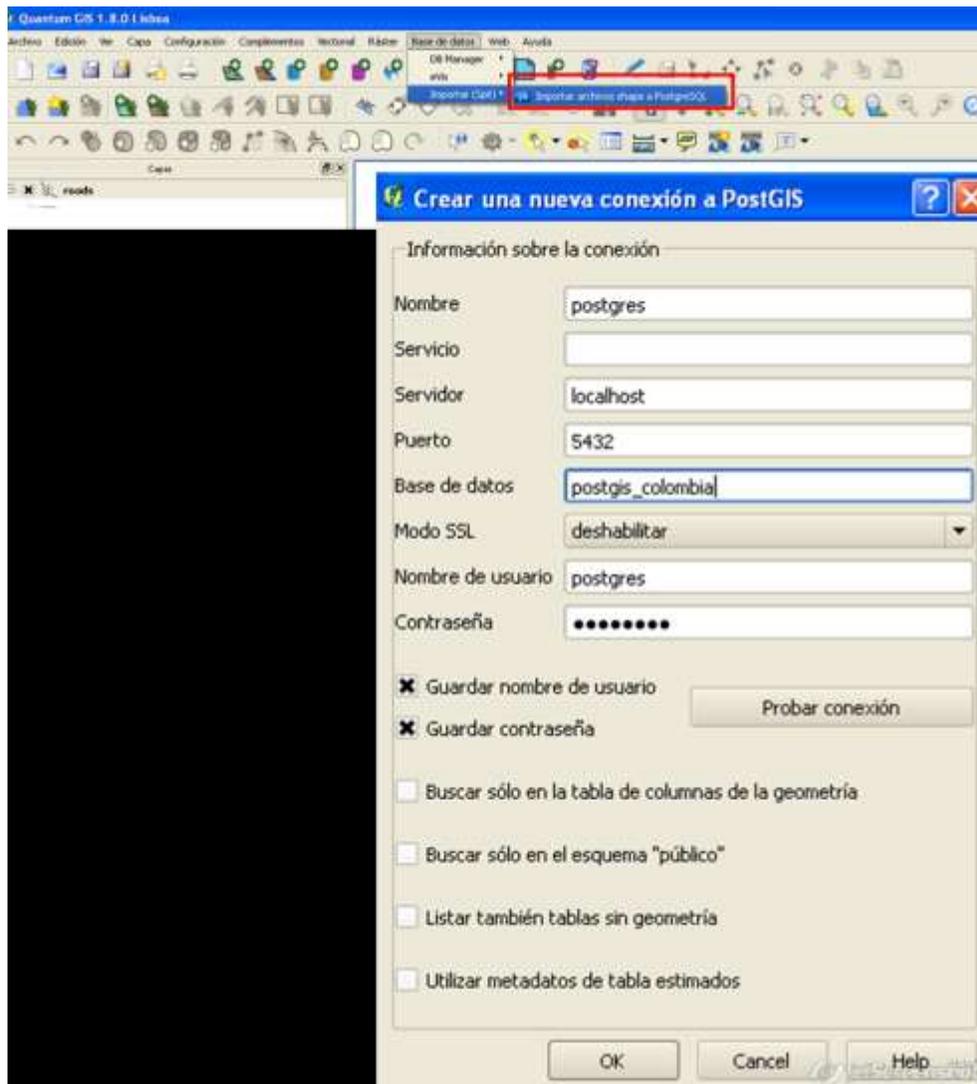
Figura 90. Visualización de dato shape



Fuente: Autor.

- Se debe crear una conexión a Postgres/PostGIS desde QGIS, tal como se aprecia en la figura 91.

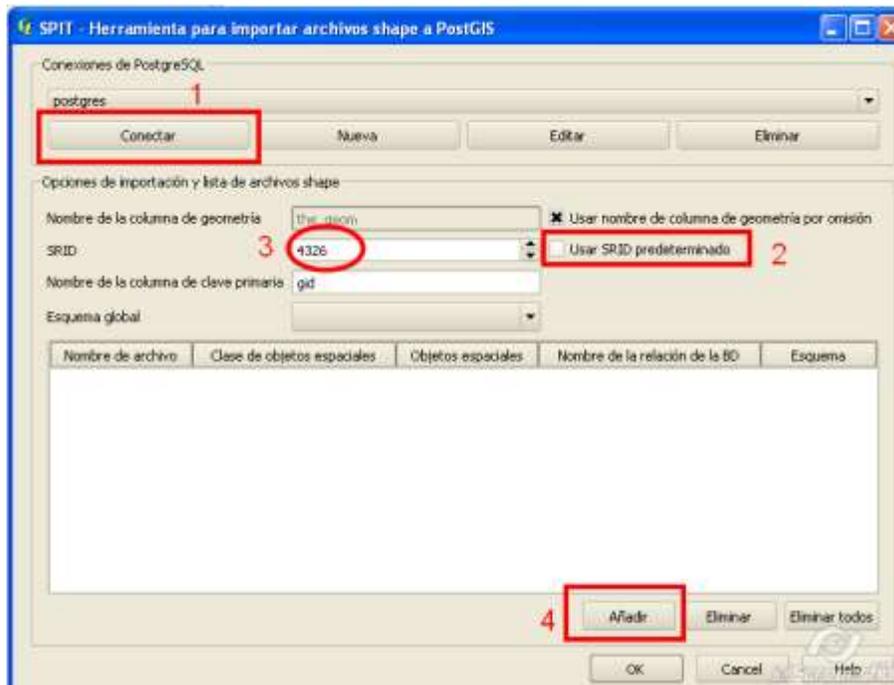
Figura 91. Creación de conexión a PostGIS.



Fuente: Autor

- Seleccionar la herramienta SPIT para importar archivos shape a PostGIS (figura 92), es fundamental seleccionar el SRID para indicar el sistema de coordenada al que pertenece el dato shape a importar.

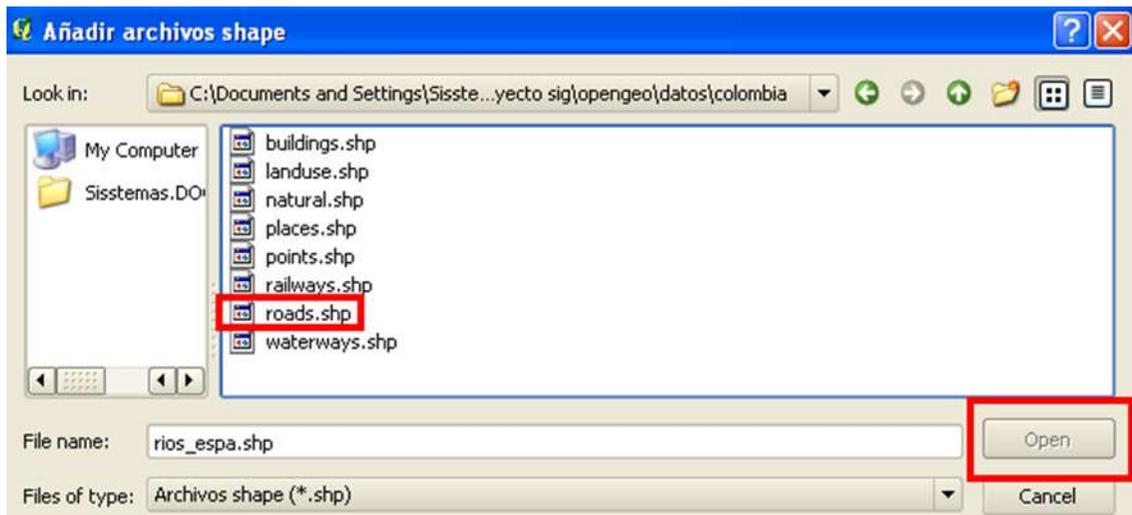
Figura 92. Herramienta de Importación archivos shape a PotGIS.



Fuente: Autor

- Se añade la capa a importar teniendo en cuenta que se pueden añadir todas de una vez y clic en open (figura 93).

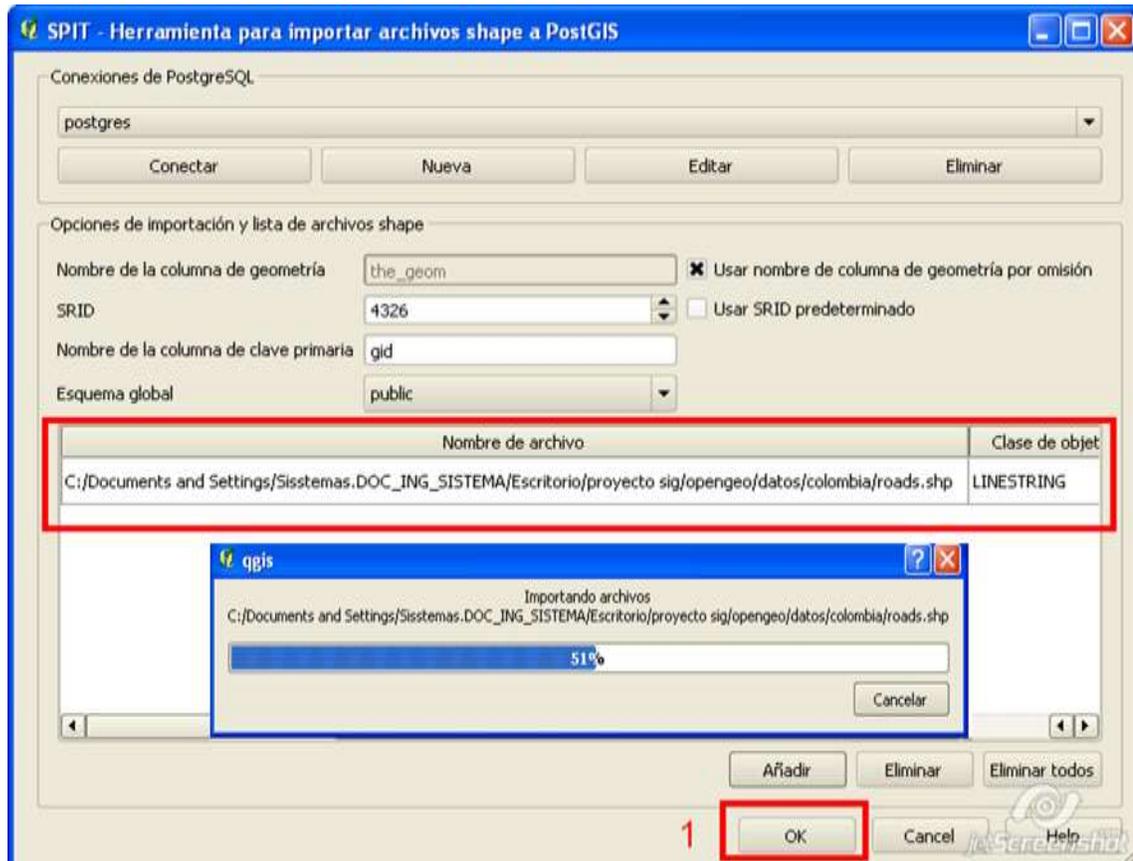
Figura 93. Selección de archivos Shape a importar.



Fuente: Autor

- Una vez seleccionados los archivos SHP se puede realizar la importación de los archivos a PostGIS (figura 94), proceso se muestra en la figura 99.

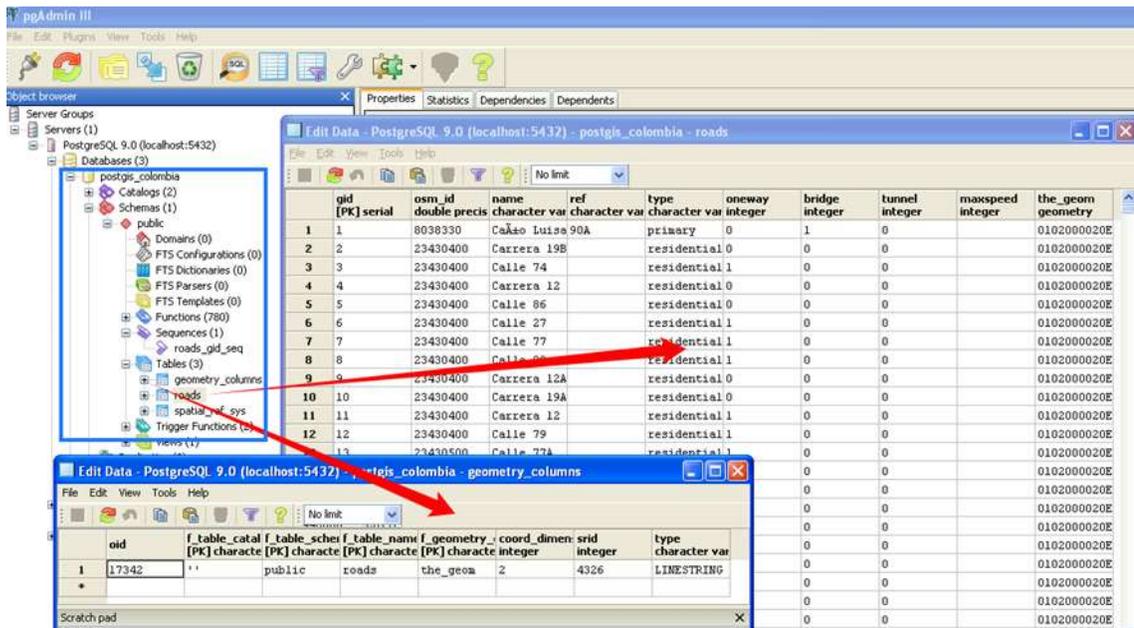
Figura 94. Importando archivos shape a PostGIS.



Fuente: Autor

- Para comprobar y verificar la importación de los archivos SHP como tablas de la base de datos se debe verificar en PostGIS mediante la herramienta PgAdmin (figura 95).

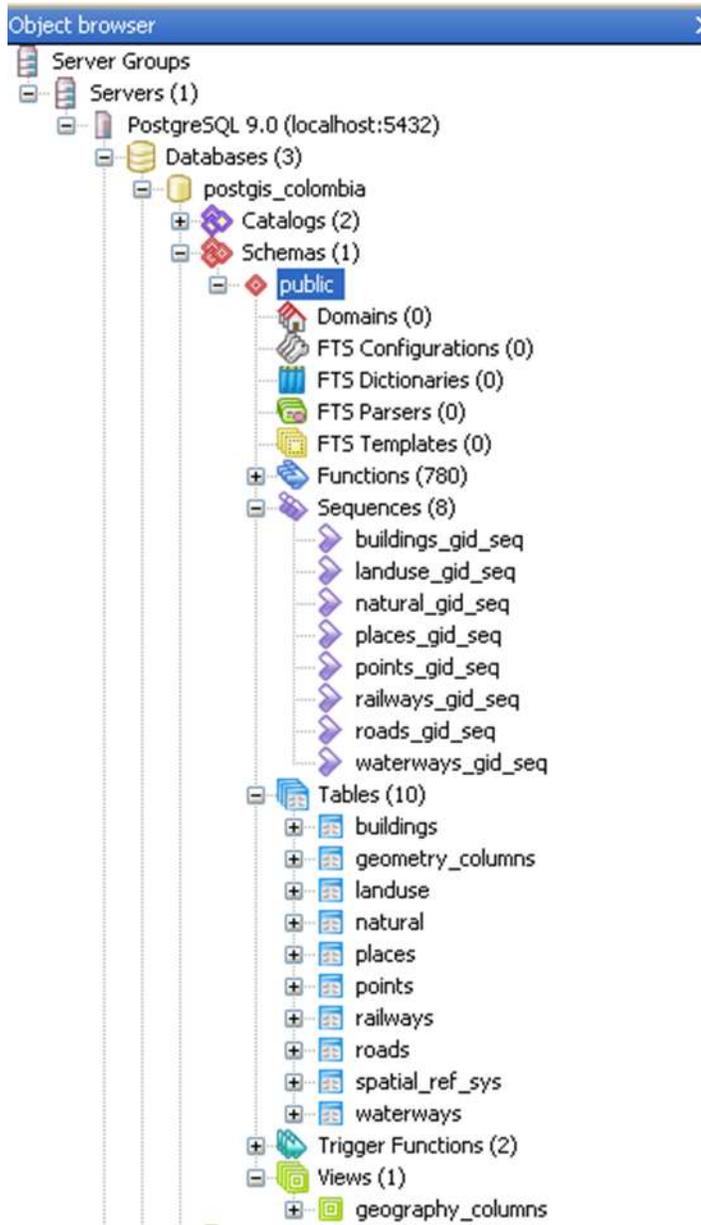
Figura 95. Verificación de importación.



Fuente: Autor

El resultado de la conversión de archivos SHP a tablas en las bases de datos, se aprecia con más detalle en la figura 96.

Figura 96. Resultado de la importación en Postgres/PostGIS



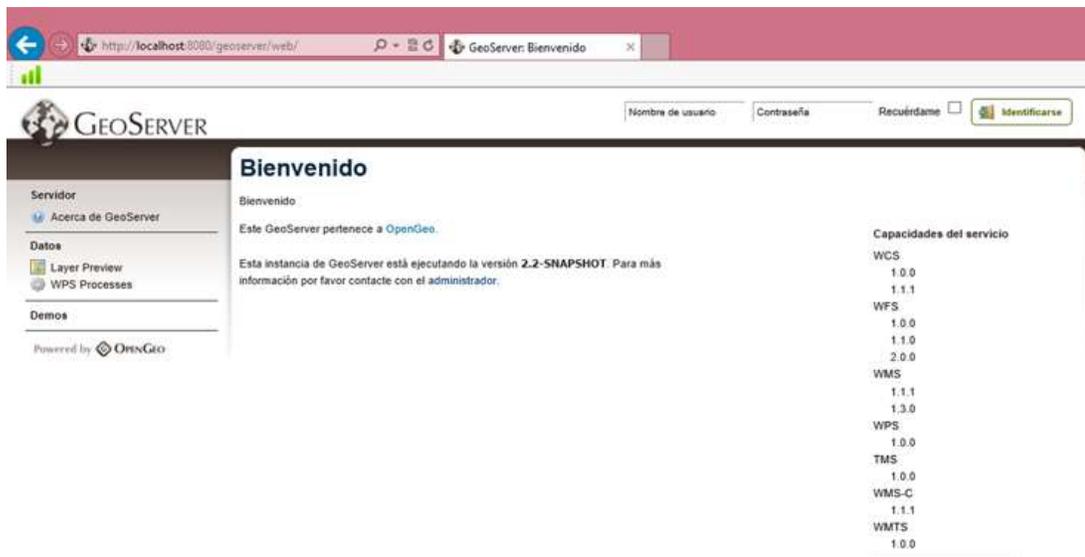
Fuente: Autor.

## 10.15.2 Adaptar la infraestructura tecnológica expresada en servicios.

- Una vez instalada la infraestructura de datos espaciales esta debe ser configurada (figura 97) para acceder a los diferentes repositorios de datos, tanto SHP como bases de datos Postgres/PostGIS, el acceso se realiza a través de un navegador web.

<http://la.ip.dela.maquina:8080/dashboard/>

Figura 97. Configuración de GeoServer.



Fuente: Autor

- Al ingresar a la IDE a través del usuario y contraseña, se pueden realizar diferentes acciones de configuración (figura 98) como:
  - Espacios de trabajo
  - Almacenes de datos

- Capas
- Estilos gráficos (SLD)
- Visualización de capas

Figura 98. Interfaz gráfica de configuración de GeoServer.



Fuente: Autor.

### 10.15.2.1 Espacios de trabajo

- Seleccionar la opción espacios de trabajo (figura 99), y agregar un nuevo espacio de trabajo.

Figura 99. Creación de espacio de trabajo.



Fuente: Autor

- Configurar el espacio de trabajo, con su nombre y el URI, marcarla casilla de espacio de trabajo por defecto y dar clic en enviar (figura 100).

Figura 100. Configuración del espacio de trabajo.



Fuente: Autor

- El listado de los espacios de trabajo creados se muestran en la figura 101.

Figura 101. Espacio de trabajo creado.



Fuente: Autor.

### 10.15.2.2 Almacenes de datos Shape.

- Los almacenes de datos se pueden crear desde diversos orígenes, siendo los más utilizados los de tipo “ShapeDirectory of spatial files (shapefiles)” figura 102.

Figura 102. Creación de un almacén de datos vectoriales tipo shape



Fuente: Autor

- Una vez creado el almacén de datos Shape, se llena el formulario de orígenes de datos vectoriales como se indica en la siguiente figura 103, para finalizar se debe guardar.

Figura 103. Edición de un origen de datos vectoriales SHP.



Fuente: Autor

**Importante:**

Los orígenes de datos de OpenGeo-Suite en Linux quedan en el directorio **/usr/share/opengeo-suite-data/geoserver\_data**, por tanto los archivos se deben montar mediante un cliente FTP en esta ruta, ejemplo:

```
# cd /usr/share/opengeo-suite-data/geoserver_data/data  
# mkdir colombia  
# chown tomcat colombia
```

Subir los archivos con un cliente FTP.

#### 10.15.2.3 Publicación de capas y estilos.

Geoserver listara el conjunto de archivos en formato shape válidos que contiene el directorio Colombia, en la columna de la derecha se indica el estado de publicación de la capa, indicando “Publicación” (figura 104) para aquellas capas que aún no han sido publicadas.

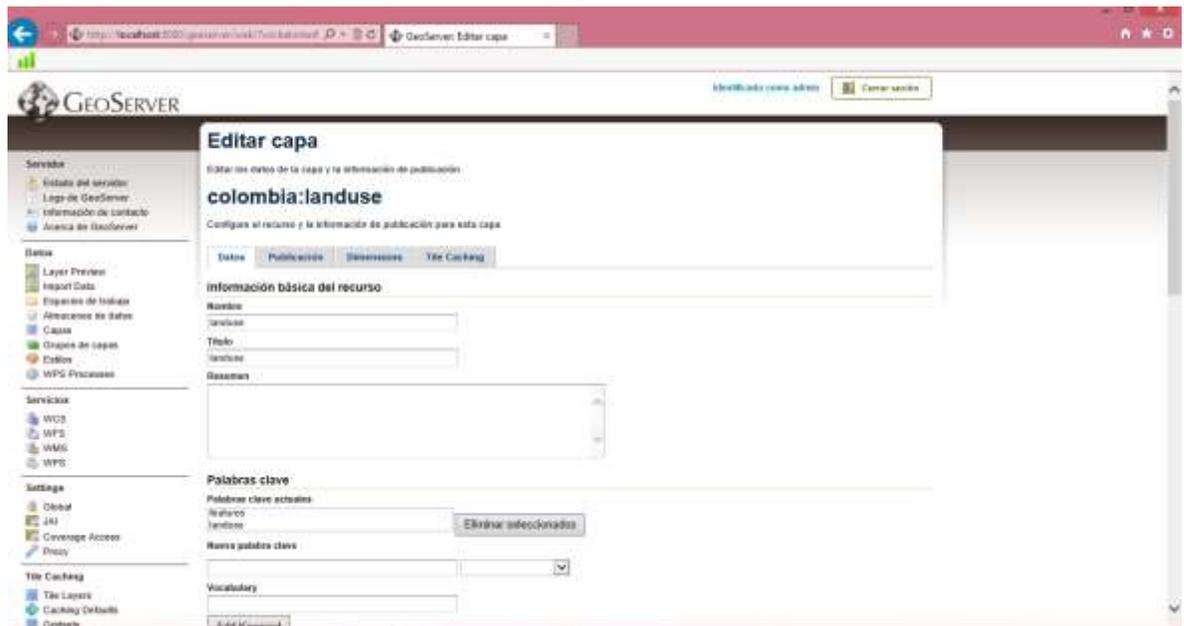
Figura 104. Publicación de capas.



Fuente: Autor

Se debe seleccionar la capa que se desea publicar y proceder a configurarla, de esta manera se despliega un formulario (figura 105) dónde se deben ingresar algunos campos obligatorios asociados a propiedades físicas de la capa como el sistema de referencia, descripción de la capa a publicar, metadato asociado y estilo gráficos (SLD) que define el aspecto visual de la capa.

Figura 105. Edición de capas.

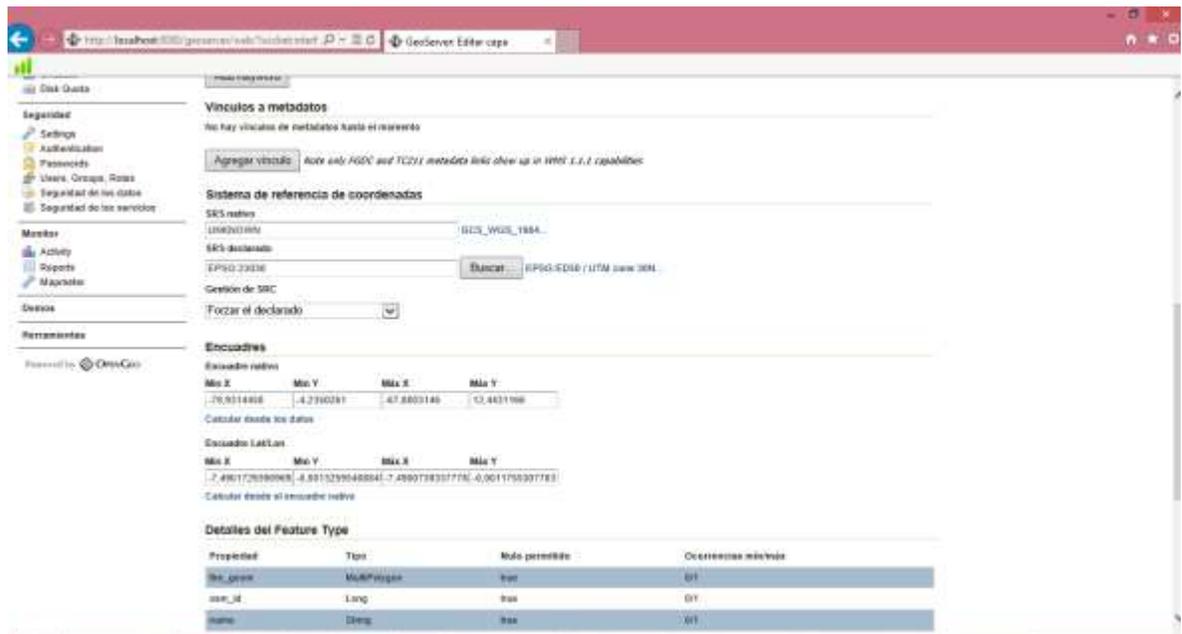


Fuente: Autor.

- **Importante:**

Es de suma importancia calcular los encuadres (figura 106) nativos y lat/lon, esto se debe hacer cada vez que se declare un nuevo EPSG.

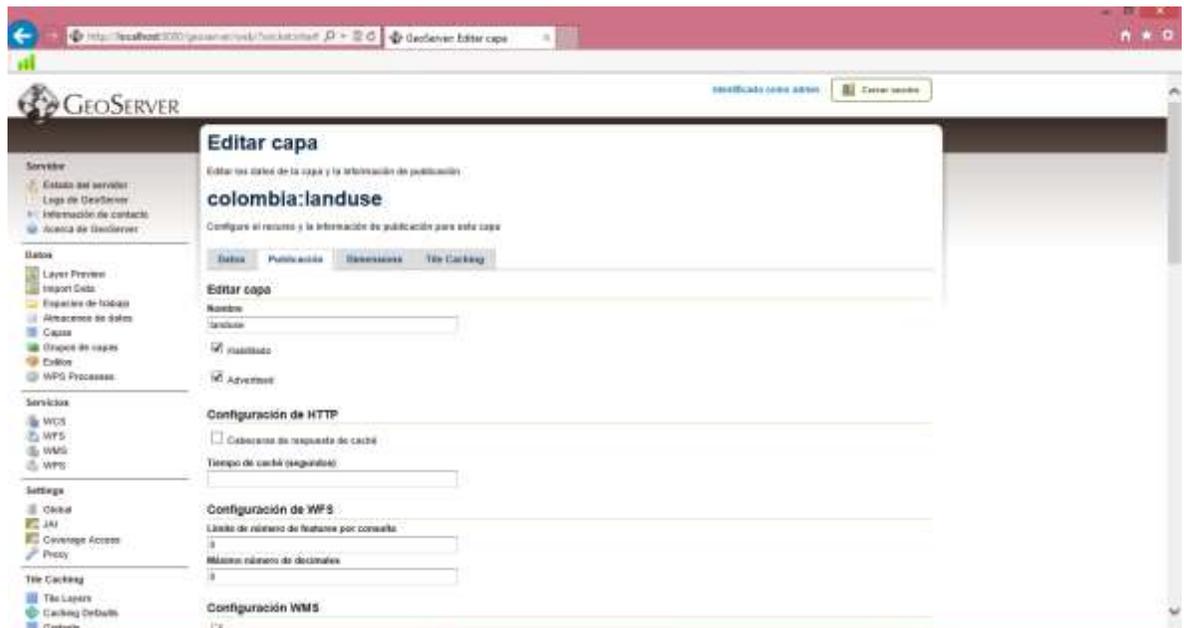
Figura 106. Sistema de referencia de coordenadas.



Fuente: Autor

***Aún no se debe guardar***, pasar a la pestaña **Publicación**. En este apartado se definen aspectos relacionados con el renderizado de la capa (figura 107), así como el aspecto visual de la misma es decir la asociación de un estilo en formato SLD.

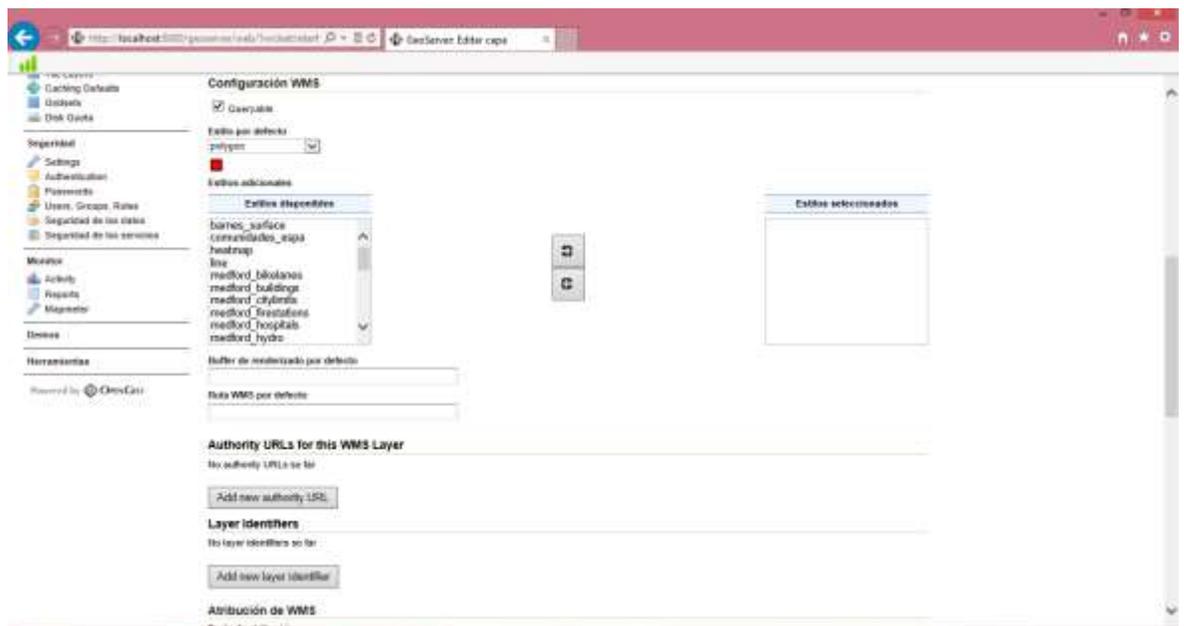
Figura 107. Renderizado de capa y aspecto visual.



Fuente: Autor

- Se debe cambiar el estilo por defecto como se indica la figura 108.

Figura 108. Estilo de la capa.



Fuente: Autor.

- De esta manera se ha publicado en Geoserver una capa con orígenes de datos en un directorio o una base de datos, como lo muestra la figura 109.

Figura 109. Capas publicadas.



Fuente: Autor

#### 10.15.2.4 Almacenes de datos PostGIS.

Para crear un almacén con origen de datos PostGIS (se deben seguir pasos similares a la creación de orígenes de datos **SHAPE** (figura 110).

Figura 110. Creacion de almacèn de datos tipo postGIS.



Fuente: Autor

Realizar una conexión (figura 111) con el servidor de bases de datos Postgres/PostGIS, suministrando los parámetros de conexión.

Figura 111. Nuevo origen de Datos vectoriales.



Fuente: Autor

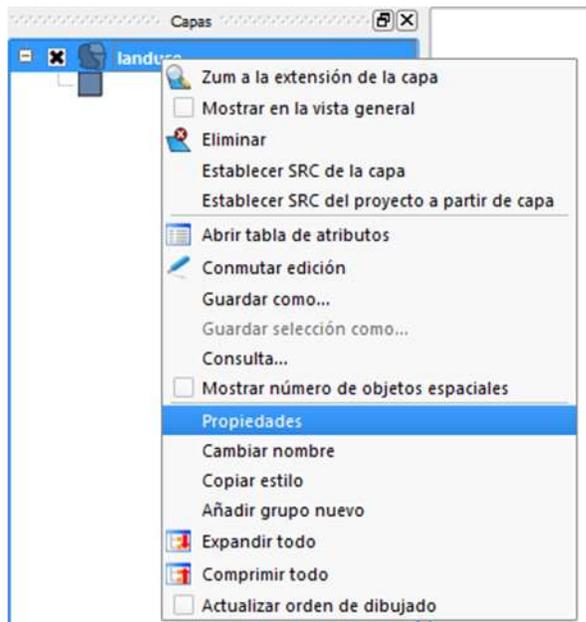
Una vez creado el almacén de datos Postgres/PostGis, se listan todas las capas almacenadas en forma de tablas dentro de la base de datos Postgis que se creó anteriormente. A partir de este momento cada capa que se almacene dentro de la base de datos PostGis será listada en el almacén, por lo que no hay necesidad de crear un almacén tipo PostGis por cada capa que se almacene.

#### 10.15.2.5 Estilos gráficos

Con la creación de almacenes de datos y sus respectivas capas con estilos gráficos básicos es suficiente para visualizar los mapas a través de un visor de mapas web como OpenLayer o GeoExplorer), recordando que los estilos gráficos SLD no cumplirán con las características de consulta deseadas, por lo tanto el paso siguiente será crear un estilo gráfico bajo el estándar SLD de la OGC y asociarlo a la capa creada, para ello se utiliza el SIG de escritorio QGis.

- La capa de mapas se abre desde los almacenes de datos configurados en la infraestructura de datos espaciales o desde cualquier archivo tipo SHP, como ejemplo en la figura 112 se carga la capa landuse.shp y se modifican las propiedades de la capa (botón derecho del ratón propiedades).

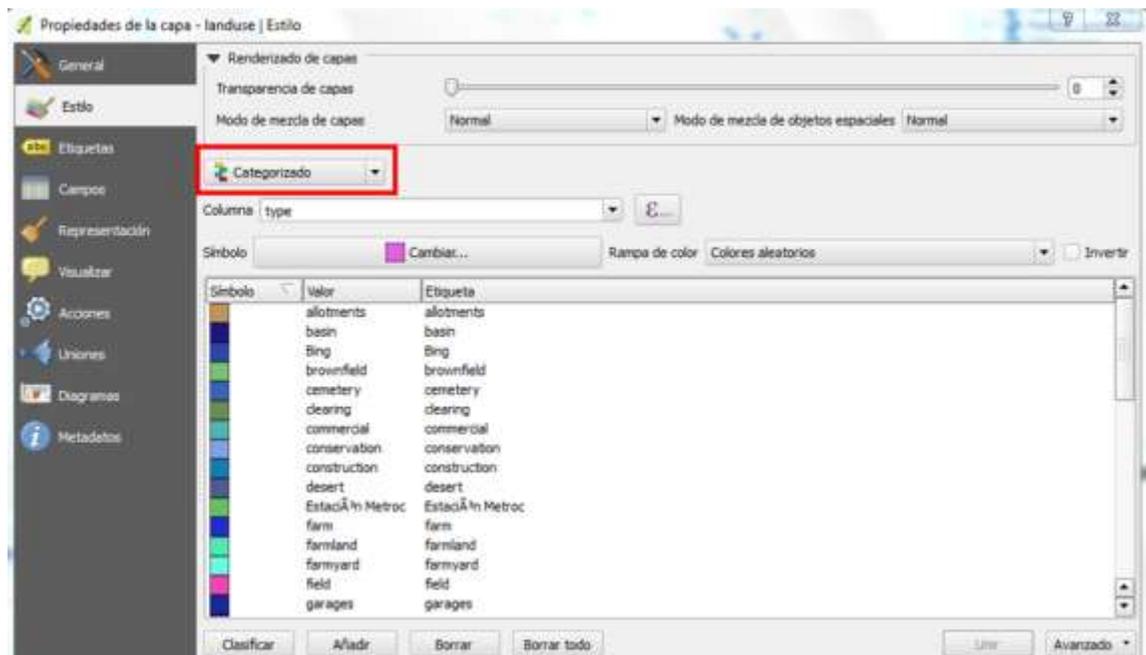
Figura 112. Carga de capa en Qgis.



Fuente: Autor

- Cambiar la simbología única por categorizado (figura 113).

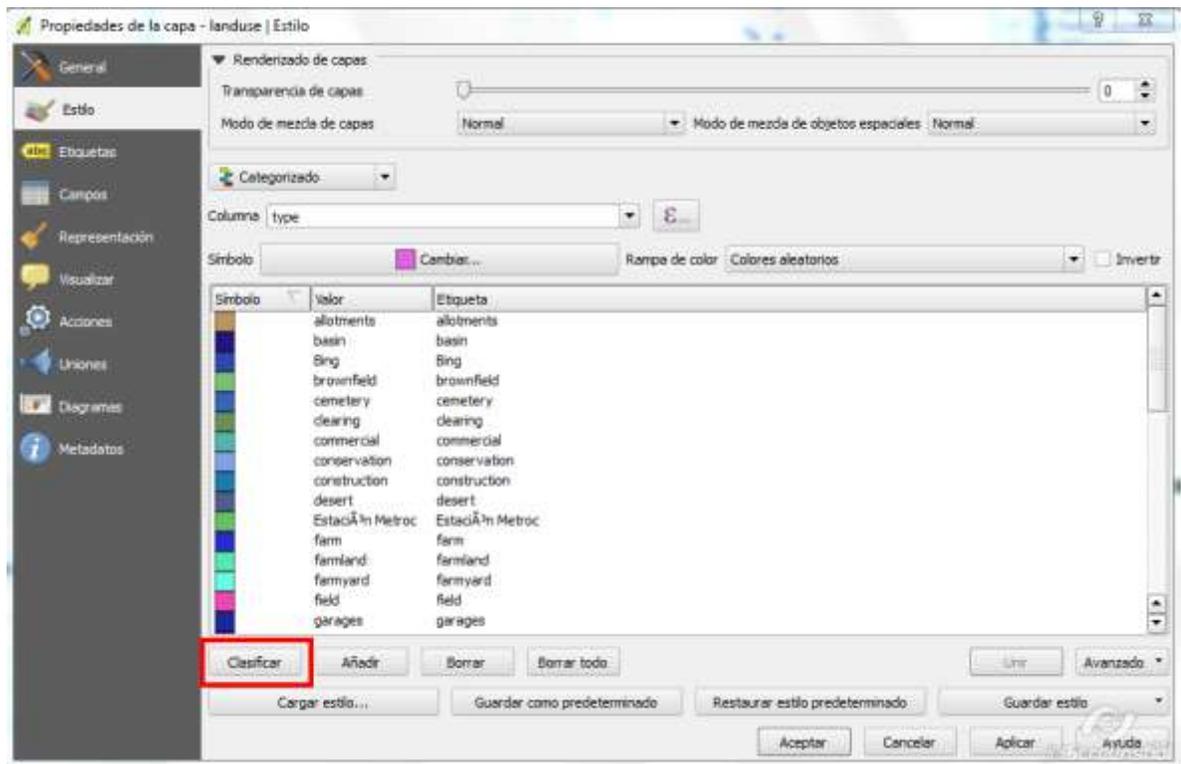
Figura 113. Cambio de estilo de la capa.



Fuente: Autor

Como lo muestra la figura 114, clasificarla leyenda en función delagama de colores deseados, haciendo click en clasificar.

Figura 114. Clasificación de estilos.

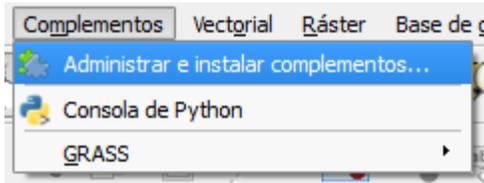


Fuente: Autor

Para continuar con la generación del estilo gráfico y su exportación a GeoServer en formato SLD (Descriptor de capas de estilos), se debe instalar o activar un complemento que permita realizar la conversión, dependiendo de la versión de QGIS será **SLD converter**, o **SLD4raster**, si es necesario se debe habilitar los repositorios complementarios de QGIS (figura 115).

- Ir al menú complementos y seleccionar la opción Administrar e instalar complementos.

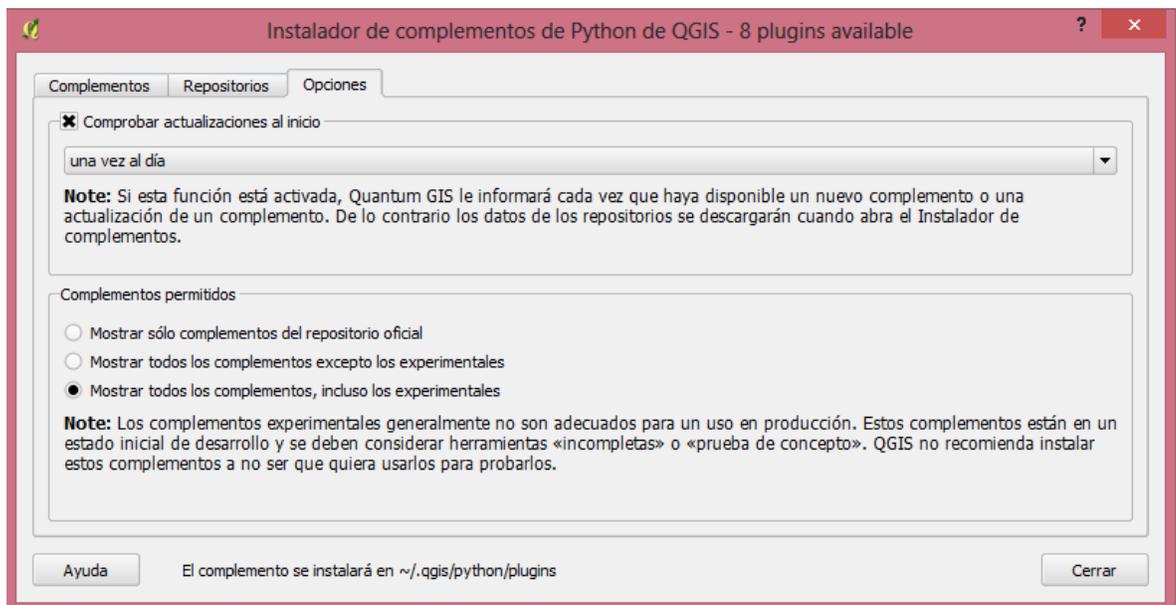
Figura 115. Obtención de complementos.



Fuente: Autor.

- En la pestaña opciones habilitar, mostrar todos los complementos, incluso experimentales (figura 116).

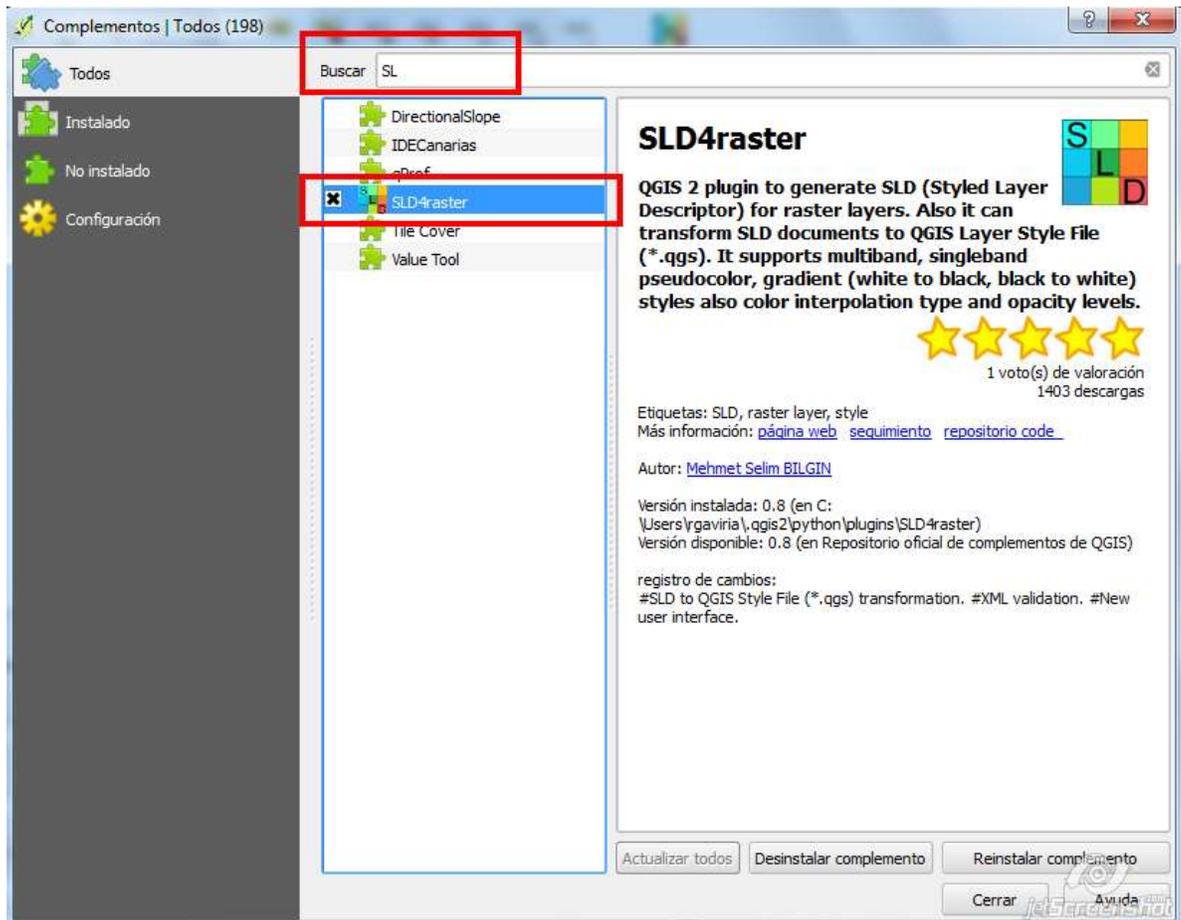
Figura 116. Instalador de complementos.



Fuente: Autor

- Luego ir a la pestaña Buscar (figura 117) y filtrar la búsqueda por la palabra **SLD**, e instalar/seleccionar el complemento **SLD**

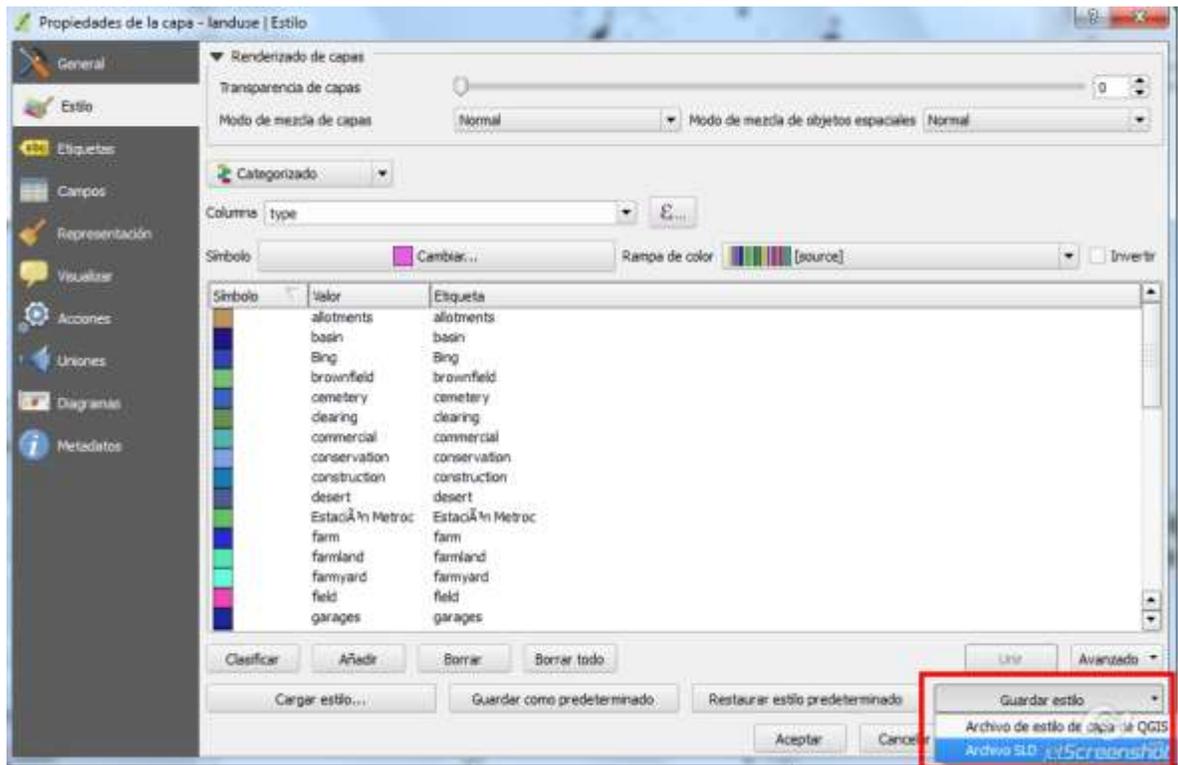
Figura 117. Instalando complementos Python.



Fuente: Autor

- Previa a la conversión del estilo este debe ser guardado para ser convertido a formato SLD a través de las complementos previamente instalados, para ello dar click en la opción Guardar estilo, como lo indica la figura 118.

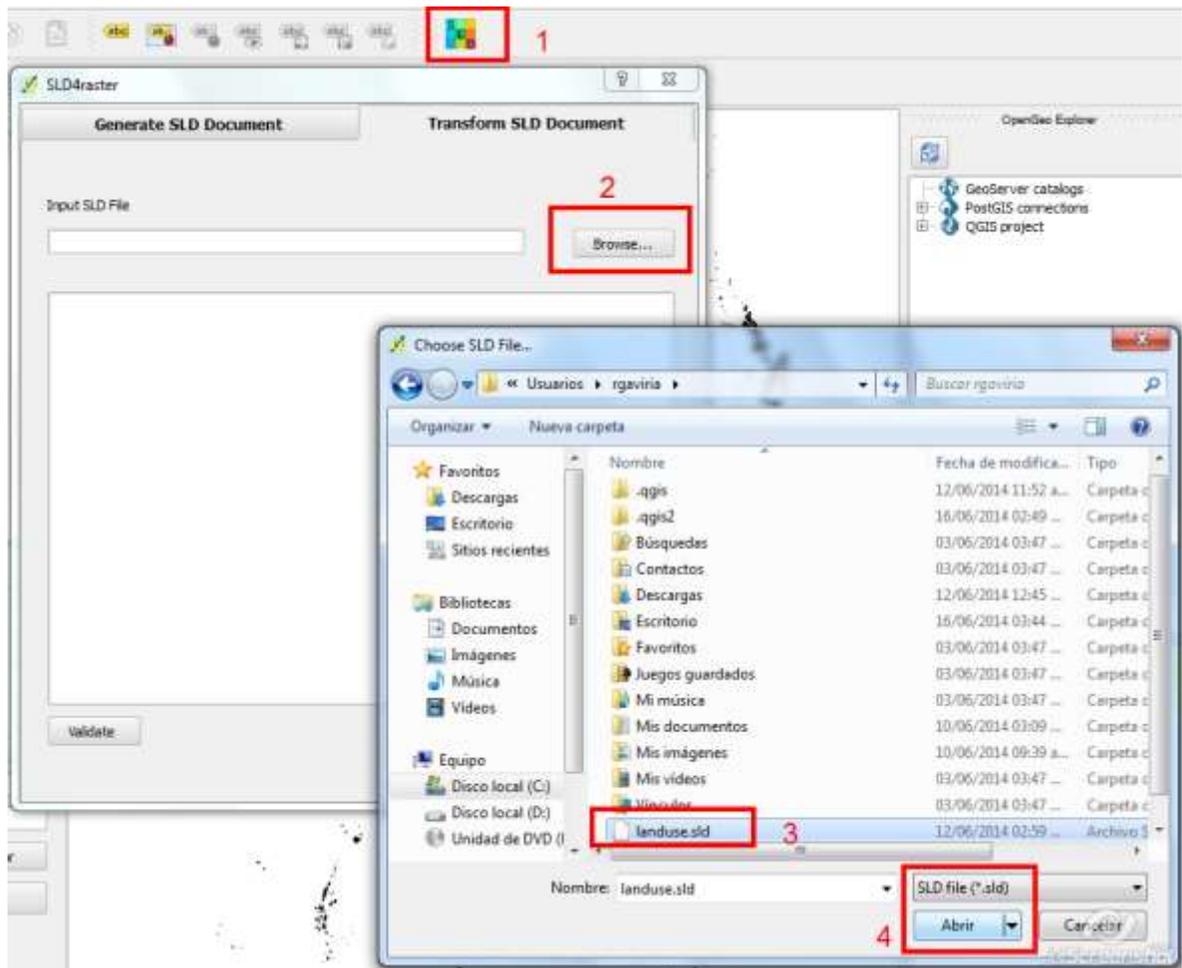
Figura 118. Guardar estilo en formato SLD.



Fuente: Autor

- Después de guardar el estilo este debe ser transformado en formato reconocido por GeoServer bajo el estándar SLD de la OGC, a través de los complementos instalados, como ejemplo se muestra el complemento **SLD4raster**, figura 119.

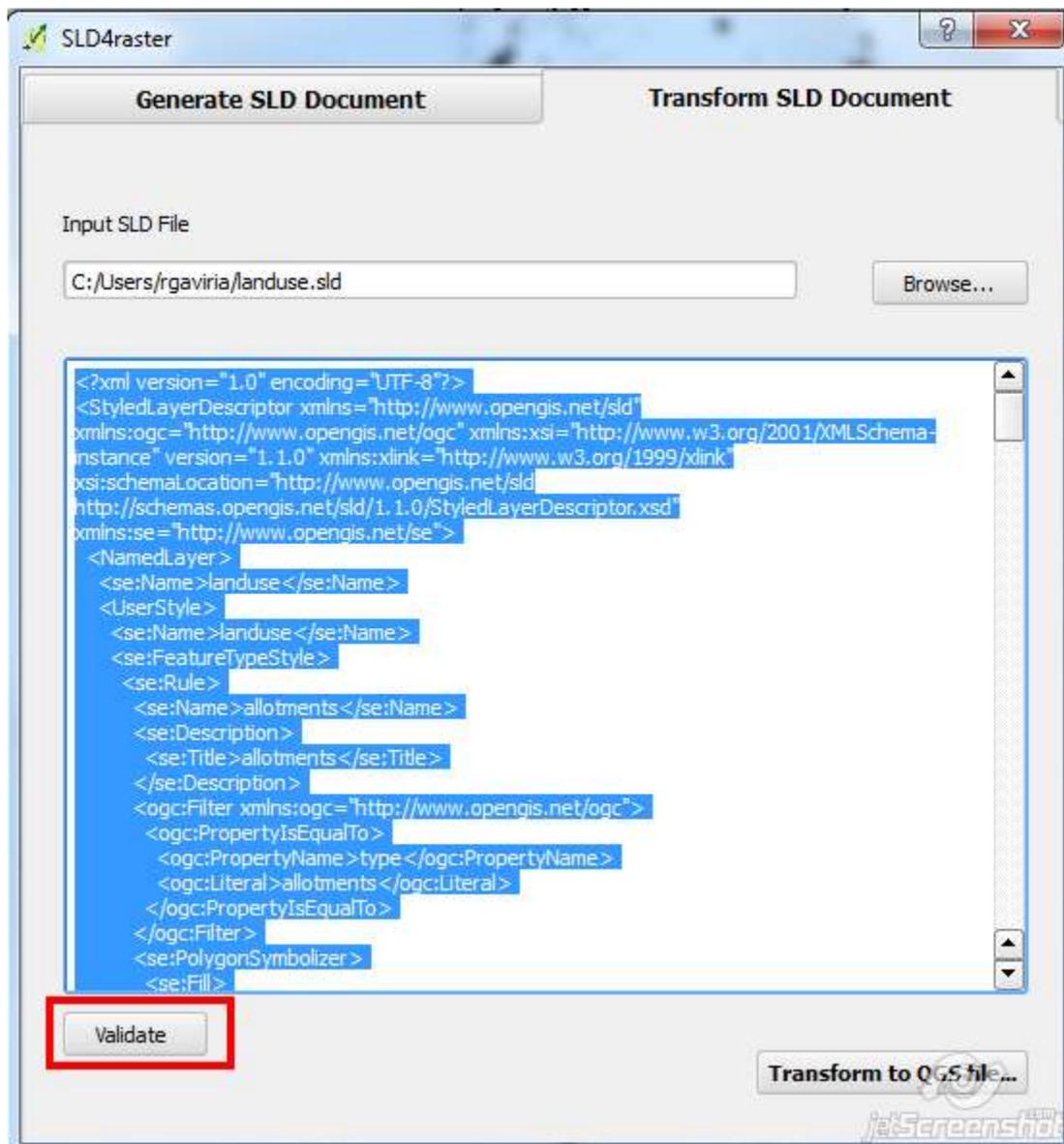
Figura 119. Transformar estilo en formato SLD mediante complemento.



Fuente: Autor.

- Luego se debe validar para su posterior utilización en Geoserver (figura 120).

Figura 120. Validar estilo en formato SLD



Fuente: Autor

- Para comprobar que la transformación y validación del estilo es correcto, se, procedea crear un estilo en GeoServer con el estilo validado o visualizar su creación en Geoserver, esto depende del complemento utilizado.

Figura 121. Visualización estilos publicados en formato SLD.



Fuente: Autor.

- La figura 121, evidencia que el estilo ha sido creado correctamente. Queda ahora asociarle a la capa el estilo que corresponda en este caso landuse, para ello acceder a la opción capas y seleccionar la correspondiente.
- Como ejemplo ilustrador (figura 122) se asocia el estilo creado **landuse**, tanto a la capa de origen shape como a la capa de origen Postgis (ambas capas son idénticas pero con origen de datos distinto).

Figura 122. Selección de la capa landuse para asociación de estilo.



Fuente: Autor

- Para ello hacer clic sobre el nombre de la capa, luego pasar a la pestaña Publicación y cambiar el estilo existente por el estilo deseado, en este caso landuse (Figura 123).

Figura 123. Selección del estilo landuse.

### Configuración WMS

Queryable

Estilo por defecto

landuse

Bing

Estacion Metroc

Quarry

Registraduria Na

allotments

basin

brownfield

cemetery

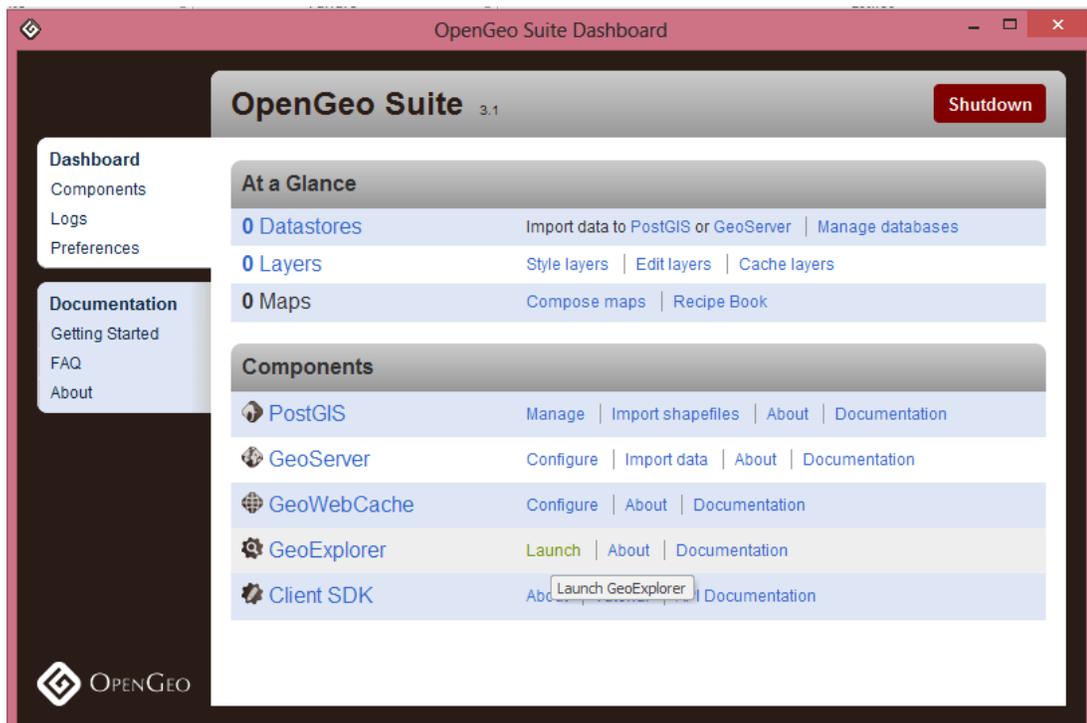
clearing

Fuente: Autor

#### 10.15.2.6 Visualización de capas.

La visualización de capas o consulta de datos Geoespaciales se realiza a través del visor de mapas Geoexplorer invocando la una URL suministrada a través de un **GeoPortal**, el **dashboard** (figura 124) o desde la URL <http://localhost:8080/geoexplorer>.

Figura 124. Visualización de capas desde el dashboard.



Fuente: Autor

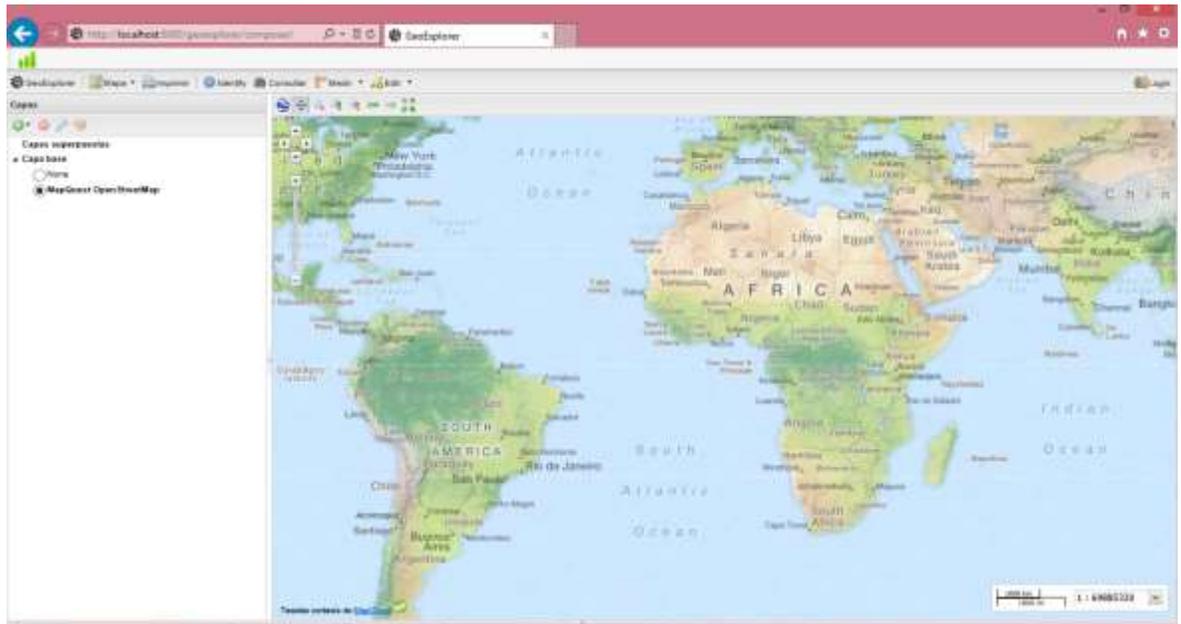
- La visualización de capas y su aspecto final se muestra en las figuras 125 a 127

Figura 125. Visualización de la capa landuse en en el visor GeoExplorer



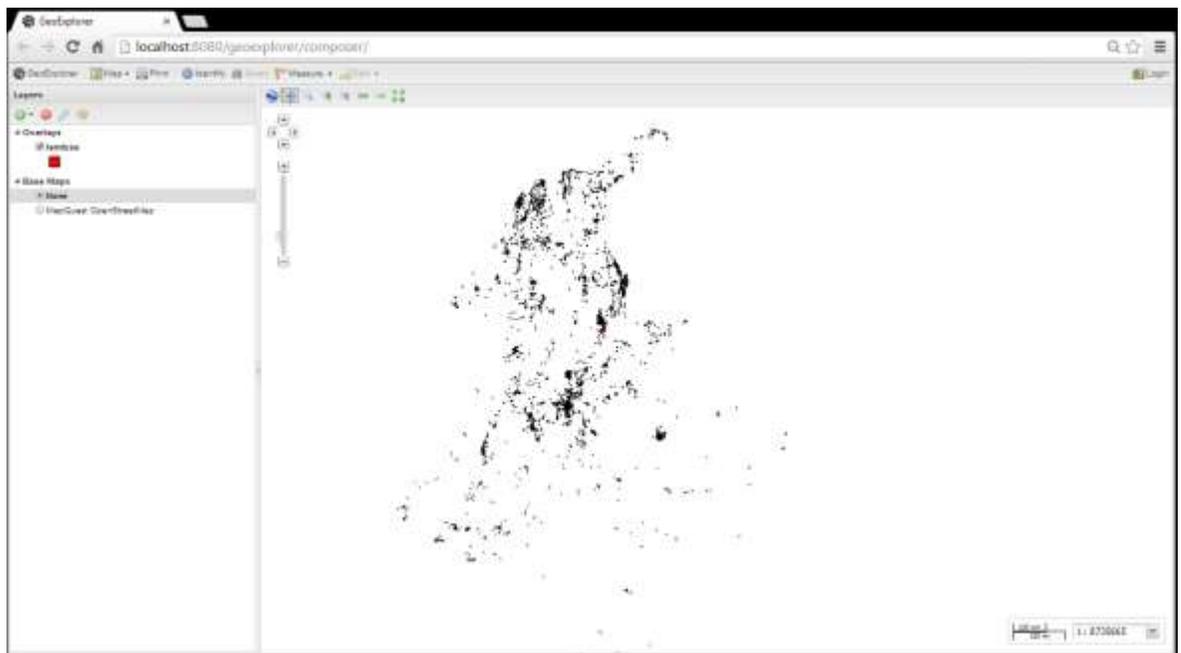
Fuente: Autor

Figura 126. Visualización capa del mundo.



Fuente: Autor.

Figura 127. Visualización de la capa en landuse al 100%.



Fuente: Autor.

### 10.15.3 Integrar la AppWeb GIS - LBS, con la infraestructura tecnológica.

La integración entre la AppWeb GIS y la infraestructura de datos espaciales, tiene como núcleo fundamental 2 componentes así:

- Conversión de coordenadas geográficas (gra, min, Seg) a grados decimales
- Procedimiento almacenado de creación de geometrías espaciales.

#### 10.15.3.1 Conversión de coordenadas geográficas a grados decimales

Los sistemas de información geográficos almacenan la información georreferenciada (Latitud / Longitud) en dos formatos básicos:

NAD83 / sistema de coordenadas WGS84 (grados, minutos, segundos.)

NAD27 / sistema de coordenadas decimales.

Siendo el sistema de coordenadas NAD27 el que se utiliza en la actualidad en materia de autorizaciones de radiodifusión y aplicaciones como los sistemas de información geográficos y las bases de datos georreferenciada (PostgreSQL + PostGIS), por lo tanto cada vez que se obtenga un punto georeferenciado (NAD83) con coordenadas geográficas (latitud y longitud) se debe convertir a grados decimales (NAD27).

### **Conversión:**

Hay 60 minutos en un grado y 60 segundos en un minuto, para convertir de un formato de grados-minutos-segundos a un formato de grados decimales, se puede utilizar la fórmula:

Fórmula 1. Coordenadas geográficas a decimales

$$\text{decimal degrees} = \text{degrees} + \text{minutes}/60 + \text{seconds}/3600$$

Fuente: Autor.

Para convertir de nuevo desde el formato de grados decimales a grados-minutos-segundos se puede utilizar la fórmula:

Fórmula 2. Coordenadas decimales a geográficas

$$\begin{aligned} \text{degrees} &= \lfloor \text{decimal degrees} \rfloor \\ \text{minutes} &= \lfloor 60 * (\text{decimal degrees} - \text{degrees}) \rfloor \\ \text{seconds} &= \lfloor 3600 * (\text{decimal degrees} - \text{degrees} - \text{minutes}/60) \rfloor \end{aligned}$$

Fuente: Autor.

#### 10.15.3.2 Procedimiento almacenado de creación de geometrías espaciales.

Una vez convertidas las coordenadas geográficas a coordenadas decimales, están deben ser almacenadas en un campo de la tabla que almacene información geográfica, este campo es un objeto geométrico tipo POINT con sistemas de coordenadas WG84 o SRID 4326, así:

```
fen_punto geometry(Point,4326),
```

Esto garantiza que la infraestructura de datos espaciales pueda suministrar datos espaciales al visor geográfico y este a su vez los muestre en la ubicación correcta.

El procedimiento almacenado y la forma de crearlo se suministra en el cuadro 19.

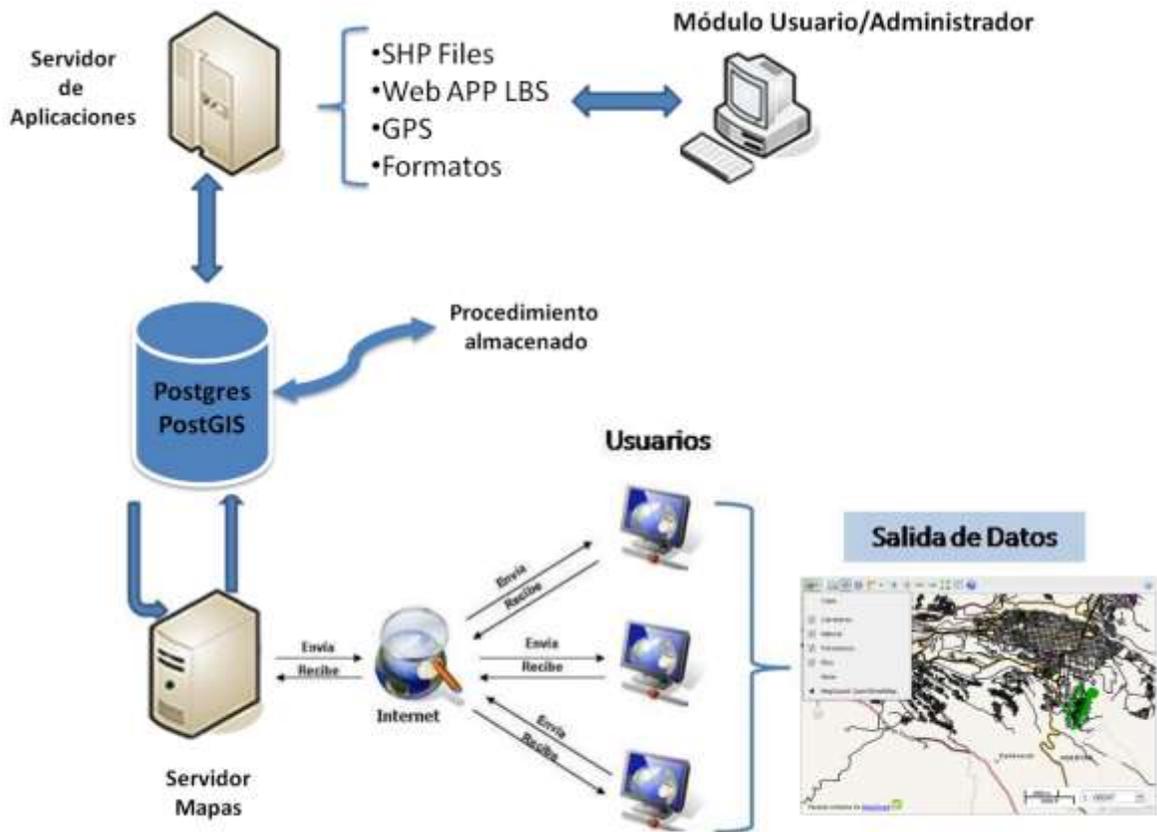
Cuadro 19. Procedimiento almacenado de integración.

| Paso | Tipo    | Código   |
|------|---------|--|
| 1    | Función | <pre> CREATE OR REPLACE FUNCTION posicion_talud()   RETURNS trigger AS \$BODY\$  DECLARE BEGIN NEW.fen_lat = NEW.lat_g_fen + NEW.lat_m_fen/60 + NEW.lat_s_fen/3600; NEW.fen_lon = (NEW.lon_g_fen + NEW.lon_m_fen/60 + NEW.lon_s_fen/3600) * -1; NEW.fen_punto:=ST_SetSRID(ST_MakePoint(NEW.fen_lon,NEW.fen_lat),4326); RETURN NEW; END; ----- \$BODY\$ LANGUAGE plpgsql VOLATILE COST 100; ALTER FUNCTION posicion_talud() OWNER TO postgres; </pre> |
| 2    | Trigger | <pre> -- Trigger: posicion_talud on fenómeno  -- DROP TRIGGER posicion_talud ON fenomeno;  CREATE TRIGGER posicion_talud   BEFORE INSERT OR UPDATE   ON fenomeno   FOR EACH ROW   EXECUTE PROCEDURE posicion_talud(); </pre>   |

Fuente: Autor

Por lo tanto la integración se puede visualizar en la figura 128, dónde se ilustra cómo es dicha integración desde el punto de vista funcional.

Figura 128. Integración AppWeb e IDE

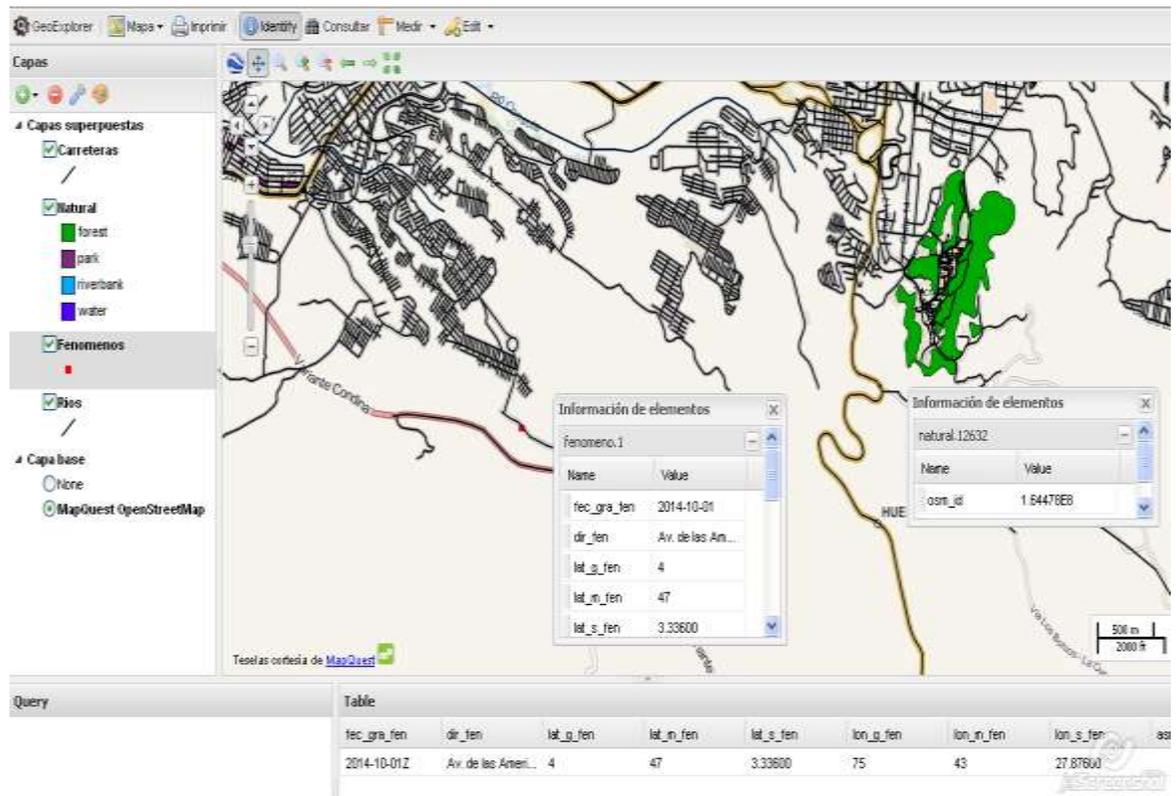


Fuente: Autor

La visualización de la integración se logra mediante un visor geográfico, tal como GeoExplorer, Openlayer o cualquier otro, que en última instancia materializa el resultado de la integración presentada en la figura 128.

La figura 129 muestra la integración en el visor geográfico Geoserver.

Figura 129. Visor gráfico GeoExplorer



Fuente: Autor

La publicación de este mapa se logra a través de un enlace permanente como:

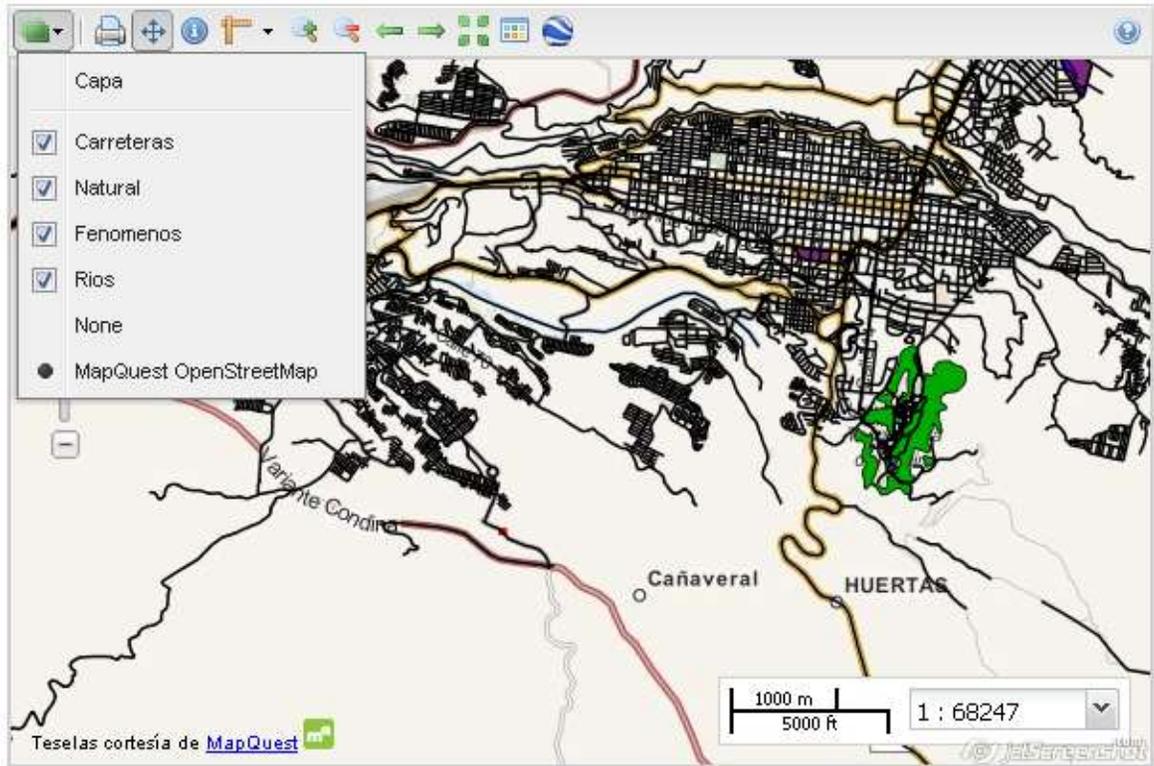
<http://localhost:8080/geoexplorer/composer/?layers=fenomenos%3Awaterways&&bbox=-8795455.970719,-331139.839306,-7746240.554061,1394815.632338#maps/2>

O una pagina web con el siguiente código:

```
<iframe style="border: none;" height="400" width="600"
src="http://localhost:8080/geoexplorer/viewer/#maps/2"></iframe>
```

El resultado es el que se muestra en la figura 130.

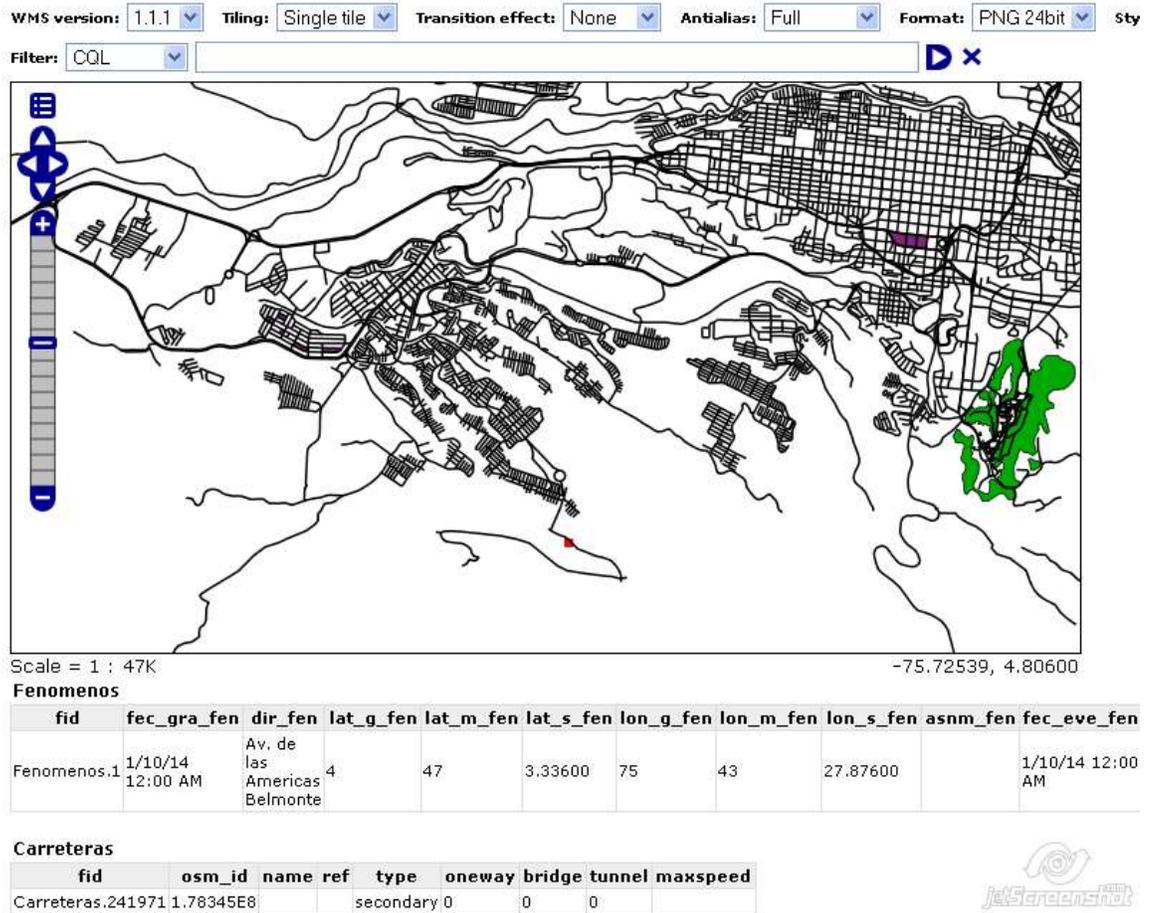
Figura 130. Publicación de mapas mediante HTML



Fuente: Autor

La figura 131 muestra la integración y su visualización con OpenLayer.

Figura 131. Visor gráfico OpenLayer



Fuente: Autor

## CONCLUSIONES

- La **correcta caracterización y selección de OpenGeo Suite** como infraestructura de datos espaciales basada en servicios como patrón de diseño, y el cumplimiento de los estándares internacionales propuestas por la ISO/TC 211 y la OGC, facilitan el intercambio de productos y servicios mediante la eliminación de las barreras técnicas, garantiza la interoperabilidad de bases de datos, de fácil integración con fuentes de datos existentes, con la AppWeb GIS desarrollada y futuras aplicaciones que se creen, permitiendo el acceso tanto a la IDE, bases de datos, como a los desarrollos y aplicaciones desde distintos dispositivos.
- El **estricto seguimiento de los estándares nacionales e internacionales propuestos por la ISO/TC 211**, en el transcurso de la investigación permite el cumplimiento de los objetivos generales del comité técnico colombiano de infraestructura de datos espaciales como:
  - Incrementar la comprensión y el uso de la información geográfica
  - Incrementar la disponibilidad, acceso, integración y distribución de la información geográfica
  - Promover el uso eficiente, eficaz y económico de la información geográfica digital y los sistemas de hardware y software relacionados
  - Contribuir a un enfoque unificado para solucionar los problemas ecológicos y humanitarios globales.
- El **uso de patrones de diseño**, como el patrón arquitectónico MVC (Model-View-Controller) y los patrones adecuados en cada una de las etapas de desarrollo (Transfer Object, Data Access Object, Abstract Factory, GRID Component), facilitó la implementación de la infraestructura

de datos espaciales, el desarrollo de la AppWeb GIS - LBS y su posterior integración, permitiendo el desarrollo de un sistema de información geográfico fácil de escalar, mantener, de bajo costo operativo y funcional, por ejemplo la migración de archivos Shape a la base de datos PostGIS se logro de forma inmediata sin importar las diferencias en la generación de identificadores y herramientas en los cuales fueron creados.

- **La utilización de la tecnología RAD** (Rapid Application Development) para el desarrollo de la AppWeb GIS y el módulo Móvil LBS, permitió un desarrollo de alta calidad en tiempo record con todas las funcionalidades requeridas y determinadas en los RF (Requisitos Funcionales), un producto final robusto y potente, configurable e instalable en cualquier máquina que posea un navegador Web.
- Gracias a la alta cohesión y bajo acoplamiento de la IDE y al patrón de diseño MVC, se concluye que para los desarrollos de aplicaciones futuros y su integración con la infraestructura de datos espaciales, los desarrollos se pueden realizar en **cualquier lenguaje de programación** que se pueda conectar a la base de datos PostGres/GIS, debido a que es en últimas el procedimiento almacenado quien garantiza la integración entre la IDE y los desarrollos futuros.
- Un aspecto importante es que para la **visualización de datos Geoespaciales** el visor gráfico se comunica con los servicios web a través del estándar (WFS), hace uso de estilos (SLD) y filtros (FLD), todos ellos transparentes a los usuarios finales, garantizando mantenimiento y escalabilidad, permite que los usuarios interactúen con los datos espaciales generados de manera sencilla e intuitiva y que los desarrolladores se

preocupen por la lógica del negocio y no por la visualización de datos Geoespaciales.

- Al estar la IDE OpenGeo Suite, formada por una serie de módulos o ***componentes independientes***, permite su fácil interconexión a través de XML con otros componentes o proyectos que cumplan con los estándares propuestos por la OGC, como MapBuilder como visor de mapas o Atlas Styler para editar estilos gráficos.
- ***La utilización de teléfonos celulares con plataforma Android y el componente LBS desarrollados para la georeferenciación***, permitió un servicio “anytime, anywhere” de gran ayuda para la localización de fenómenos de remoción en masa, sin necesidad de portar GPS stand-Alone.
- **La espacialización georeferenciada de los fenómenos de remoción en masa (FRM)**, no fue la más eficiente en virtud de que dicha acción se adelantó mediante la tecnología de localización WiFi, con su consecuente baja precisión.

## RECOMENDACIONES

***Aprovechar el Kit de desarrollo (SDK)*** que trae integrado OpenGeo Suite, para hacer que el visor de mapas tenga un aspecto personalizado, pudiendo añadir nuevas funcionalidades en JavaScript y AJAX y explotando las que ya ofrece. Lo cual garantice una manipulación de datos geográficos más amigable y potente, ejemplo la aparición instantánea en ventanas emergentes de información sobre los fenómenos de remoción en masa al pasar sobre ellos.

***Desarrollar una aplicación nativa Android y/o iPhone para el inventario y caracterización de fenómenos de remoción en masa*** que explote las características de hardware y software de los dispositivos Android y Apple, eliminando las limitaciones que se tienen en la aplicación web en cuanto a interfaz gráfica, garantizando mayor velocidad y aprovechar los paquetes de datos de los equipos móviles.

***En lo posible usar tecnologías híbridas, para la georeferenciación de puntos*** ya que las tecnologías GPS o WiFi presentan problemas de precisión que podrían ser eliminadas con el uso de sistemas híbridos, como el caso del A-GPS (*Assisted GPS*). Un dispositivo A-GPS reduce el tiempo de espera al hacer los primeros cálculos en las estaciones base del proveedor de servicios que permitiría mejorar la precisión de localización en menor tiempo.

Recomendar al Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica del IGAC, **el estudio e implementación de un proceso de desarrollo de**

**software o metodología ágil**, como estrategia que permita ser más eficiente y eficaz en la construcción de productos de software tipo SIG.

Recomendar al COINFO “Comisión Intersectorial de Política y Gestión de Información en la Administración Pública” incorporar al sistema nacional de referencia MAGNA-SIRGAS, **el estándar NAD27**, el cual es el que se utiliza en la actualidad en materia de autorizaciones de radiodifusión y aplicaciones como los sistemas de información geográficos y las bases de datos georreferenciada.

***Realizar transferencia de esta investigación*** a empresas del sector público que tengan necesidades de información geoespacial para que realicen sus propias implementaciones de manera fácil y con bajo costos, lo mismo a grupos de investigación de las universidades que tengan necesidades en este sentido

Por último se recomienda ***desarrollar un módulo de reportes para la toma de decisiones y consultas así como un geoportal*** que facilite el acceso a las consultas Geoespaciales, este geoportal no requiere gran despliegue técnico, salvo enlaces a los visores de mapas e información institucional de la empresa o institución que lo desarrolle.

## BIBLIOGRAFIA

ACIS. Una visión basada en los permanentes cambios tecnológicos y otros aspectos relacionados. Edición N° 93 Julio - Septiembre de 2005. [Consultado 15 de Dic. 2014]. Disponible en <[www.acis.org.co/index.php?id=547](http://www.acis.org.co/index.php?id=547)>

AMCO. Quienes Somos? Área Metropolitana Centro Occidente Pereira. [En línea]: (2014). [Consultado 18 de sep. 2014]. Disponible en <<http://www.amco.goc.co/109-normativida.html#>>.

ARC/INFO. ESRI. [Programa de computador]: Versión 3.2.1. 1982.

BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press. (1986) Oxford University.

BUZAI, Gustavo D. Sistemas de información geográfica SIG: teoría y aplicación. Lujan. 1ra Ed. 2013. Universidad Nacional de Luján. 312 p.

BUZAI, Gustavo y BAXENDALE, Claudia. Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Buenos Aires: Lugar Editorial. 2006. 397 p.

BUZAI, G.D.; ROBINSON, D. Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. En: Journal of Latin American Geography. [En línea]. Pág. 9-31. (2010). [Consultado 20 de sep. 2014]. Disponible en <<http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/articulos/2010-BUZAI-ROBINSON.pdf>>

CASTAÑEDA, H., GÓMEZ, J., & LEA, A., Proveedor de Servicios Basados en Localización para Dispositivos Móviles. Universidad Nacional de Colombia. (Jun

2006). [En línea] [Consultado 10 de nov 2014.] Disponible en: <[http://pisis.unalmed.edu.co/avances/archivos/ediciones/2006/castaneda\\_etal06.pdf](http://pisis.unalmed.edu.co/avances/archivos/ediciones/2006/castaneda_etal06.pdf)>

COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - CTN 028. [Norma Técnica]. [En línea]. [Consultado 02 de oct. 2014]. Disponible en <[www.icde.org.com/web/ctn28/principal](http://www.icde.org.com/web/ctn28/principal)>. (CTN 028).

Comuna 14 está incluida en el 'más importante' proyecto de gestión del riesgo de Colombia: En: Prensa Alcaldía de Bucaramanga. [En línea]. Últimas noticias Agosto 2012. [Consultado 21 Nov. 2014]. Disponible en <<http://prensaalcaldiabucaramanga.blogspot.com/2012/08/comuna-14-esta-incluida-en-el-mas.html>>

COMUNIDAD ANDINA. Serie: Experiencias significativas de desarrollo local frente a los riesgos de desastres: El conocimiento como hilo conductor en la gestión ambiental del riesgo en el departamento de Risaralda. (2009). ISBN: 978-612-4054-03-7. Primera edición. Lima, Perú. 36 p.

D. ROBEY. E-Science in the arts and humanities: International Journal of Humanities and Arts Computing. [En línea]. Volumen 1, Issue 1, Pág. 1-3, ISSN 1753-8548 (March 2007). [Consultado 23 de sep. 2014]. Disponible en <<http://www.eupublishing.com/doi/abs/10.3366/E1753854807000050>>

ECHEVARRIA. E. El Campus universitario de Alcalá de Henares: Análisis y Evolución. Madrid. 2005, 729 p. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica de Arquitectura de Madrid. Madrid España. [En línea]. [Consultado 30 oct. 2014]. Disponible en: <[http://oa.upm.es/2668/2/ERNESTO\\_ECHEVERRIA\\_VALIENTE.pdf](http://oa.upm.es/2668/2/ERNESTO_ECHEVERRIA_VALIENTE.pdf)>

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION. Enhanced 9-1-1 - Wireless Services.(2001). [En línea]. [Consultado 27 de oct. 2014]. Disponible en <<http://www.fcc.gov/encyclopedia/enhanced-9-1-1-wireless-services>>

FREE SOFTWARE FOUNDATION. Philosophy of the GNU Project.Boston (MA, USA) Free Software Foundation.(2010). [En línea]. [Consultado 8 de Oct. 2014].Disponible en: <<http://www.gnu.org/philosophy/philosophy.html>>

GEOSERVER. Open Source Geospatial Foundation. [Programa de computador]. Versión 2.6.0.

GOMEZ GOMEZ, Jorge. QUIROJA ARCINIEGAS Vanessa. Sistemas de información geográfica. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Ediciones UIS. 2005. 173p

GOODCHILD M. The use cases of digital earth. International Journal of Digital Earth.Vol.1, No. 1, p. 31-42. (2008). Taylor & Francis Group. ISSN 1753-895. [En línea]. [Consultado 3 de Oct. 2014].Disponible en <<http://dx.doi.org/10.1080/17538940701782528>>

GOOGLE INC. Google Maps. [En línea] 2014. [Consultado el: 2 de Nov de 2012.] [Programa de computador] <http://maps.google.com/>.

GOOGLE INC. Google Latitude. [En línea] 2014. [Consultado el: 2 de Nov de 2012.] [Programa de computador] [http://www.google.com/intl/en\\_us/latitude/intro.html](http://www.google.com/intl/en_us/latitude/intro.html).

HUMPHREY, W. PSP: a self-improvement process for software engineers. The SEI series in software engineering.(Junio de 2012).Addison-Wesley.346 p.

IAN SOMMERVILLE. Ingeniería del Software. Pearson Educación. 2005. 687 p

IEEE. Standard Glossary of Software Engineering Terminology 610.12-1990. En: IEEE Standards Software Engineering 1999. Edition, Volumen One: Customer and Terminology Standards. IEEE Press, 1999. [En línea]. [Consultado 10 oct. 2014]. Disponible en: <<http://standards.ieee.org/findstds/standard/610.12-1990.html>> - <<http://soft.vub.ac.be/FFSE/SE-contents.html>>

INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA DE DATOS ESPACIALES. Wiki: Geoservicios. [En línea]. [Consultado 7 nov 2014]. Disponible en:<[http://www.icde.org.co/web/guest/wiki/-/wiki/Wiki de la ICDE/Geoservicios](http://www.icde.org.co/web/guest/wiki/-/wiki/Wiki%20de%20la%20ICDE/Geoservicios)>

INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE ESPAÑA – IDDE. Consejo superior geográfico: Introducción a las IDE. [En línea]. [Consultado 7 nov 2014]. Disponible en: <<http://www.idee.es/web/guest/introduccion-a-las-ide>>

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DE ESPAÑA. Cartografía y bases geográficas: Que son las bases de datos geográficas?[En línea]. [Consultado 6 nov 2014]. Disponible en:<<http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesBDGintro.do>>

INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA DE DATOS ESPACIALES. [en línea]. [Consultado 7 de Oct. 2014]. Disponible en: <[www.icde.org.co](http://www.icde.org.co)>.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI-IGAC. Metodología de desarrollo de Software. (2014). [en línea]. [Consultado 8 de Oct. 2014]. Disponible en: <<http://geoservice.igac.gov.co/mds/igac/>>

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI-IGAC (2005). Conceptos básicos sobre sistemas de información Geográfica y aplicaciones en Latinoamérica. (2005). [En línea]. [Consultado 29 de Sep. 2014]. Disponible en:

[http://webigac.igac.gov.co:8080/igac\\_web/userFiles/file/ciaf/TutorialSIG\\_2005\\_26\\_02/index.html](http://webigac.igac.gov.co:8080/igac_web/userFiles/file/ciaf/TutorialSIG_2005_26_02/index.html)>

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIAS EDUCATIVAS Y FORMACION DEL PROFESORADO – INTEF. Proyecto Biosfera. Las placas litosféricas o tectónicas. [En línea]: (2014). [Consultado 03 de oct. 2014]. Disponible en:<<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/MedioNatural11/contenido3.htm>>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. DOCUMENTACIÓN: Citas y notas de pie de página. Bogotá : ICONTEC, 2002. 23 p. (NTC 1487).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.Geographic information/Geomatics.Guía de normas. [En línea]: (2014). [Consultado 03 de oct. 2014]. Disponible en: <[http://www.isotc211.org/Outreach/ISO\\_TC\\_211\\_Standards\\_Guide\\_Spanish.pdf](http://www.isotc211.org/Outreach/ISO_TC_211_Standards_Guide_Spanish.pdf)>. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. 116 p. (ISO/TC211).

JACOBSON, Ivar; BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Pearson Addison-Wesley. Madrid. (2000). 458 p.

J. R. DAVIS. IBM's DB2 Spatial Extender: Managing Geo-Spatial Information within the DBMS. Technical Report IBM Corporation. (1998). Citado por: NIEVES R. BRISABOA, JOSÉ A. & OTROS. Sistemas de Información Geográfica: Revisión de su Estado Actual. En: RITOS2: Ingeniería de Software - Laboratorio de Bases de Datos. Facultadde de Informática. Universidad de La Coruña. (2012). p. 82

JOOST KOPPERS. Location Based Services, Een algemeen model voor de keuze tussen locatiebepalingstechnieken. Nijmegen 2013, 138 p. Tesis (Master

Informatics for Technical Applications).University of Nijmegen.Computing Science Department. [En línea]. [Consultado 28 oct. 2014]. Disponible en <[www.ru.nl/publish/pages/578936/joostkopperscriptie.pdf](http://www.ru.nl/publish/pages/578936/joostkopperscriptie.pdf)>

KNIGGE, L. & COPE, M. Grounded visualization and scale: a recursive examination of community spaces. En: COPE, M., and ELWOOD, S. (eds) Qualitative GIS: a mixed methods approach. (2009). p. 95-114.

LOGAN JR; ZHANG W, and XU H. (2010).Applying spatial thinking in social science research. En: GeoJournal Vol. 1, No. 75 (feb., 2010). p. 15-27. Berlín (Germany): Springer.

LIU CHUANJIN. On building public service-oriented G-WEB GIS, En: 2010 The 2<sup>nd</sup> International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT). 2010. Vol. 2, p. 719-722.

MARTÍNEZ GENS & URÍOS DE LAS HERAS, M., Tecnologías de Localización y Posicionamiento para Servicios Basados en Localización (LBS). En: Bit. Colegio oficial de Ingenieros de España. Ed. 154 (Ene-Dic 2006). p. 68-70.[En línea]: (2006). [Consultado 26 de Oct. 2014]. Disponible en:<<http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit154/68-70.pdf>>

MOLINA, G. Comportamiento del suelo en la zona no saturada y su relación con la estabilidad de taludes. En: Revista Espíritu Ingenieril. Universidad Libre Pereira. Vol. 3, No 1 (2010); p. 6-15

MAPSERVER. [Programa de computador]. Versión 6.4.1.

NACIONES UNIDAS - CEPAL. El terremoto de enero de 1999 en Colombia: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje Cafetero. [En línea]:

(1999). [Consultado 26 de sep. 2014]. Disponible en:<[http://www.cepal.org/dmaah/mdn/cd/evaluaciones/t\\_e\\_1999.pdf](http://www.cepal.org/dmaah/mdn/cd/evaluaciones/t_e_1999.pdf)>. 93 p.

NOKIA CORP. Maps de Ovi. [En línea] 2014. [Consultado el: 2 de Nov de 2012.] [Programa de computador] <http://maps.ovi.com/>.

NIEVES R. BRISABOA, JOSÉ A. & OTROS. Sistemas de Información Geográfica: Revisión de su Estado Actual. En: RITOS2: Ingeniería de Software - Laboratorio de Bases de Datos. Facultad de Informática. Universidad de La Coruña. (2012). 77-94. p

OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). Introduction to OMG's Unified Modeling Language (UML). Versión 2, Julio de 2005. [En línea]. [Consultado 7 nov 2014]. Disponible en: <[http://www.omg.org/gettingstarted/what\\_is\\_uml.htm](http://www.omg.org/gettingstarted/what_is_uml.htm)>

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Geographic Markup Language. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <<http://www.opengeospatial.org/standards/gml>>. OGC (GML)

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Feature Service. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <[https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=7174](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=7174)>. OGC (WFS).

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Map Service. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>>. OGC (WMS).

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Web Map Context. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <<http://www.opengeospatial.org/standards/wmc>>. OGC (WMC).

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM - OGC. About OGC.[En línea].[Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <<http://www.opengeospatial.org/ogc>>. OGC.

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Simple Feature for SQL. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <[https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=23534](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=23534)>. OGC (SFS).

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. Standards and Supporting Documents: Styled Layer Descriptor. [En línea]. [Consultado 5 nov 2014]. Disponible en <[https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=23634](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=23634)>. OGC (SDL).

OPEN SOURCE INICIATIVE – OSI. The open sourcedefinition.(2010). [en línea]. [Consultado 8 de Oct. 2014]. Disponible en: <<http://www.opensource.org/docs/osd>>

OPENGEO SUITE. Boundless. [Programa de computador]. Versión 4.1.1.

PELEKIS, N., FRENTZOS, E., GIATRAKOS, N., AND THEODORIDIS, Y., "HERMES: Aggregative LBS via a Trajectory DB Engine." En: Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD internationalConference on Management of Data. (2008). 1255-1258 p. [En línea]. [Consultado el: 29 de Oct de 2014]. Disponible en: <<http://doi.acm.org/10.1145/1376616.1376748>>

POSTGIS. OSGEO. [Programa de computador]. Versión. 2.0

POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. PostresSQL [en línea]. S.l.: postgreSQL global development group. [Consultado el 03 de oct. 2014]. Disponible en: <<http://www.postgresql.org/>>.

RASHID, O., COULTON, P., AND EDWARDS., Providing location based information/advertising for existing mobile phone users. En: Personal Ubiquitous Comput.(2008).[En línea] [Consultado 1 de Nov 2014]. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00779-006-0121-4>>

REPUBLICA DE COLOMBIA. DECRETO LEY 919 de 1989. [En línea]: (1989). [Consultado 03 de oct. 2014]. Disponible en: <[http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3532\\_documento.pdf](http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3532_documento.pdf)>

REPUBLICA DE COLOMBIA. LEY 388 DE 1997. [En línea]: (1987). [Consultado 03 de oct. 2014]. Disponible en: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>>

SABINO, Carlos. El proceso de investigación. Primera edición. Buenos Aires: Lumen/Humanitas, 1996. 163 p.[En línea]: (1987). [Consultado 12 de Nov 2014]. Disponible en: <<http://es.slideshare.net/male2712/sabino-carlos-el-proceso-de-investigacion>>

SARRÍA, F. Sistemas de Información geográfica. (2006). [En línea]. [Consultado 6 nov 2014]. Disponible en: <[http://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node63\\_mn.html](http://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node63_mn.html)>

SPANS. Tydac Technologies Corp's Spatial Analysis System. [Programa de computador]: Versión 5.

TAPPSI. TAPPSI SAS. [Programa de computador]. <https://tappsi.co/>

THE CANADIAN ENCYCLOPEDIA. Geographic Information Systems. [En línea]. [Consultado 5 de oct. 2014]. Disponible en <<http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/geographic-information-systems/>>

THE OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM - OGC. Standards and Supporting Documents. [En línea]: (2014). [Consultado 26 de Oct. 2014]. Disponible en: <<http://www.opengeospatial.org/standards>>

BERNÁRDEZ JIMÉNEZ, Beatriz y DURÁN TORO, Amador "Metodología para la Elicitación de requisitos de sistemas software". Internet: ([www.lsi.us.es/informes/lsi-2000-10.pdf](http://www.lsi.us.es/informes/lsi-2000-10.pdf)).

BRUEGGE, Bernd y DUTOIT, Allen H. ingeniería de software orientada a objetos. 1ed. Editorial Prentice Hall. 2002.

COLOMBIA. El Congreso de la República. Ley 1273. (5 enero de 2009). Por medio de la cual se modifica el Código Penal, se crea un nuevo bien jurídico tutelado - denominado de la protección de la información y de los datos. Internet: ([http://www.fiscalia.gov.co/justiciapaz/Documentos/Normativa/LEY\\_975\\_250705.htm](http://www.fiscalia.gov.co/justiciapaz/Documentos/Normativa/LEY_975_250705.htm)).

DURÁN TORO, A Y BERNÁRDEZ JIMÉNEZ, B. (2000). Metodología para la elicitación de requisitos de sistemas Software. Sevilla. Universidad de Sevilla.

PRESSMAN, Roger S. ingeniería del software un enfoque práctico. 6ed. Editorial Mc Graw Hill. 2005.

SOMMERVILLE, Ian. Ingeniería del software. 7ed. Editorial Pearson Addison Wesley.2007.

## ANEXO A(Listado de requisitos funcionales y no funcionales)

Cuadro A1. Requisito funcional administrar barrios

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0001</b>     | <b>Administrar barrios</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Ázate Buitrago</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) de los barrios dónde se localiza un fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | Importante   |
| <b>Urgencia</b>     | Inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | Validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

Cuadro A2. Requisito funcional administrar daños

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0002</b>     | <b>Administrar daños</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Ázate Buitrago</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) de los daños generados por un fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | Importante   |
| <b>Urgencia</b>     | Inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | Validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

Cuadro A3. Requisito funcional causas naturales

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0003</b>     | <b>Administrar causas naturales</b>  |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Ázate Buitrago</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) de las causas naturales que posiblemente generaron un fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | Importante   |
| <b>Urgencia</b>     | Inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | Validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

Cuadro A4. Requisito funcional causas antrópica

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0004</b>     | <b>Administrar causas antrópica</b>  |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Ázate Buitrago</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) de las causas antrópica que posiblemente generaron un fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | importante   |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

Cuadro A5. Requisito funcional administrar implicaciones de daños

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>FRQ-0005</b>     | <b>Administrar implicaciones de daños</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )  |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Ázate Buitrago</a>  |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>   |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) de las implicaciones de los daños generados por un fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | importante  |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente  |
| <b>Estado</b>       | validado  |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta  |

Fuente: Autor

Cuadro A6. Requisito funcional administrar humedad

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0006</b>     | <b>Administrar humedad</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Ázate Buitrago</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) de los tipos de humedad encontrados en un fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | importante   |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

Cuadro A 7. Requisito funcional administrar forma de la pendiente

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0007</b>     | <b>Administrar forma de la pendiente</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Ázate Buitrago</a>   |
| <b>Dependencias</b> | Ninguno  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) de la forma de pendiente (morfometría) encontrada en un fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | Importante   |
| <b>Urgencia</b>     | Inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

Cuadro A 8. Requisito funcional administrar forma de la masa desplazada

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>FRQ-0008</b>     | <b>Administrar forma de la masa desplazada</b>  |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )  |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Ázate Buitrago</a>  |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>   |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) de la forma de la masa desplazada (morfometría) encontrada en un fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | importante  |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente  |
| <b>Estado</b>       | validado  |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta  |

Fuente: Autor

Cuadro A 9. Requisito funcional administrar estado de actividad

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>FRQ-0009</b>     | <b>Administrar estado de actividad</b>  |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )  |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Ázate Buitrago</a>  |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>   |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) del estado de actividad de fenómenos de remoción en masa (Activo, Inactivo, Dormido, etc.)</i> |
| <b>Importancia</b>  | importante  |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente  |
| <b>Estado</b>       | validado  |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta  |

Fuente: Autor

Cuadro A10. Requisito funcional administrar uso del suelo

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0010</b>     | <b>Administrar uso del suelo</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Ázate Buitrago</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) del uso del suelo dónde se presenta un fenómeno de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | importante   |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

Cuadro A11. Requisito funcional administrar textura del suelo

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0011</b>     | <b>Administrar textura del suelo</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Beneficiario</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) de la textura del suelo donde se presenta un fenómeno de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | importante   |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

Cuadro A12. Requisito funcional administrar color del suelo

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0012</b>     | <b>Administrar color del suelo</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Ázate Buitrago</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) del color del suelo donde se presenta un fenómeno de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | Importante   |
| <b>Urgencia</b>     | Inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

Cuadro A13. Requisito funcional administrar origen del suelo

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>FRQ-0013</b>     | <b>Administrar origen del suelo</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )  |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Álzate Buitrago</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>   |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) del origen del suelo dónde se presenta un fenómeno de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | Importante  |
| <b>Urgencia</b>     | Inmediatamente  |
| <b>Estado</b>       | validado  |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta  |

Fuente: Autor

Cuadro A14. Requisito funcional administrar movimiento

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>FRQ-0014</b>     | <b>Administrar Movimiento</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )  |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Álzate Buitrago</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>   |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) del tipo de movimiento que presentan los fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | Importante  |
| <b>Urgencia</b>     | Inmediatamente  |
| <b>Estado</b>       | validado  |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta  |

Fuente: Autor

Cuadro A15. Requisito funcional administrar submovimiento

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0015</b>     | <b>Administrar Submovimiento</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Álzate Buitrago</a>  |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) del tipo de submovimiento que presentan los fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | Importante   |
| <b>Urgencia</b>     | Inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

Cuadro A16. Requisito funcional administrar geología

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>FRQ-0016</b>     | <b>Administrar Geología</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )  |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Álzate Buitrago</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>   |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) de los tipos de geologías del suelo dónde se presenta un fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | Importante  |
| <b>Urgencia</b>     | Inmediatamente  |
| <b>Estado</b>       | validado  |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta  |

Fuente: Autor

Cuadro A17. Requisito funcional administrar tipos de material

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0017</b>     | <b>Administrar Tipos de material</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Álzate Buitrago</a>  |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) de los tipos de material del suelo dónde se presenta un fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | importante   |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

Cuadro A18. Requisito funcional administrar subtipos de material

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>FRQ-0018</b>     | <b>Administrar Subtipos de material</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 16/10/2014 )  |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Álzate Buitrago</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>   |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir la administración (CRUD) de los subtipos de material del suelo dónde se presenta un fenómenos de remoción en masa</i> |
| <b>Importancia</b>  | importante  |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente  |
| <b>Estado</b>       | validado  |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta  |

Fuente: Autor

Cuadro A19. Requisito funcional inventario de fenómenos

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0019</b>     | <b>Inventario de fenómenos</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 20/10/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Alejandro Álzate Buitrago</a>  |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir el inventario de fenómenos de remoción en masa, diligenciando la información necesaria y disponible para que el fenómeno quede caracterizado e inventariado.</i> |
| <b>Importancia</b>  | Importante   |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | Validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: autor

Cuadro A20. Requisito funcional gestionar usuarios.

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>FRQ-0020</b>     | <b>Gestionar Usuarios</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 27/11/2014 )  |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>   |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>permitir gestionar la información correspondiente a los usuarios que van a manejar el sistema (ingresar, modificar, consultar y eliminar, definir perfil y permisos de acceso)</i> |
| <b>Importancia</b>  | Importante  |
| <b>Urgencia</b>     | Inmediatamente  |
| <b>Estado</b>       | Validado  |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta  |

Fuente: Autor

Cuadro A21. Requisito funcional validar usuarios.

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>FRQ-0021</b>     | <b>Validar usuarios</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 27/11/2014 )  |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |
| <b>Dependencias</b> | Ninguno   |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>validar la información del usuario que desea ingresar al sistema, solo pueden ingresar los usuarios correctamente validados.</i> |
| <b>Importancia</b>  | importante  |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente  |
| <b>Estado</b>       | Validado  |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta  |

Fuente: Autor

Cuadro A22. Requisito funcional gestionar perfiles de usuario y permisos

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0022</b>     | <b>Gestionar Perfiles de Usuarios y Permisos</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 27/11/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | El sistema deberá <i>gestionar la información correspondiente a los perfiles y permisos de acceso de los usuarios.</i> |
| <b>Importancia</b>  | Importante   |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | Validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

Cuadro A23. Requisito funcional acceder a servicios Web geográficos

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>FRQ-0023</b>     | <b>Acceder a Servicios Web Geográficos</b>   |
| <b>Versión</b>      | 1.0 ( 27/11/2014 )   |
| <b>Autores</b>      | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |
| <b>Fuentes</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Alejandro Ázate Buitrago</a></li> <li>• <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a></li> </ul>   |
| <b>Dependencias</b> | <a href="#">[FRQ-0021] Validar usuarios</a>  |
| <b>Descripción</b>  | <p>El sistema deberá <i>Permitir que el usuario acceda a los servicios web geográficos WFS y WMS, a través de distintos medios:</i></p> <p><i>Por peticiones por medio de un navegador.</i></p> <p><i>Por medio de un cliente.</i></p> <p><i>Por medio del Visor de Mapas del Geoportal.</i></p> |
| <b>Importancia</b>  | importante   |
| <b>Urgencia</b>     | inmediatamente   |
| <b>Estado</b>       | validado   |
| <b>Estabilidad</b>  | Alta   |

Fuente: Autor

## ANEXO B(Especificación de requisitos)

Cuadro B1. Caso de uso administrar barrios.

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| <b>UC-0001</b>          | <b>Administrar barrios</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>   |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestione los distintos barrios en los que se produce un evento o fenómeno. Un fenómeno se produce en un barrio específico. El Administrador puede crear nuevos barrios o consultar, modificar y borrar los actuales.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración de barrios" de la interfaz gráfica.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 1  | El sistema <i>muestra una lista con los barrios actuales</i>  |
|                         | 2  | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un barrio de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un barrio, los datos quedan almacenados en la base de datos, si se ha realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos, si se realiza un borrado, el registro queda eliminado.  |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 2  | Si <i>pulsa el botón añadir, podrá agregar un barrio, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2  | Si <i>pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el barrio si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B2. Caso de uso administrar daños

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0002</b>          | <b>Administrar daños</b>  |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>  |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestione los distintos daños que se producen en un evento o fenómeno. El Administrador puede crear nuevos daños o consultar, modificar y borrar los actuales.</i>       |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración de daños" de la interfaz gráfica.   |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra una lista con los daños actuales</i>  |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un daño de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un daño, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 2   | Si <i>pulsa el botón añadir, podrá agregar un daño, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2   | Si <i>pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el daño si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B3. Caso de uso administrar causas naturales

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0003</b>          | <b>Administrar causas naturales</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>  |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona las distintas causas naturales que generan un evento o fenómeno. El Administrador puede crear nuevas causas naturales o consultar, modificar y borrar las actuales.</i>  |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración causas naturales" de la interfaz gráfica.   |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra una lista con las causas naturales actuales</i>   |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar una causa natural de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado una causa natural, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 2   | Si <i>pulsa el botón añadir, podrá agregar una causa natural</i> , el sistema <i>valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2   | Si <i>pulsa sobre el botón eliminar</i> , el sistema <i>borrará la causa natural si no hay ningún fenómeno asignado a ella</i> , a continuación este caso de uso continúa   |

Fuente: Autor

Cuadro B4. Caso de uso administrar causas antrópica

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0004</b>          | <b>Administrar causas antrópica</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>  |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona las distintas causas antrópica que generan un evento o fenómeno. El Administrador puede crear nuevas causas antrópica o consultar, modificar y borrar las actuales.</i>    |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración causas antrópica" de la interfaz gráfica.   |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra una lista con las causas naturales antrópica</i>  |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar una causa antrópica de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado una causa antrópica, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 2   | Si <i>pulsa el botón añadir, podrá agregar una causa antrópica, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2   | Si <i>pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará la causa antrópica si no hay ningún fenómeno asignado a ella, a continuación este caso de uso continúa</i>  |

Fuente: Autor

Cuadro B5. Caso de uso administrar implicaciones de daños

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0005</b>          | <b>Administrar implicaciones de daños</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>  |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona las distintas implicaciones de los daños generados por un fenómeno de remoción en masa. El Administrador puede crear nuevas implicaciones de daños o consultar, modificar y borrar los actuales.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración de implicaciones de daños" de la interfaz gráfica.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra una lista con las implicaciones de daños actuales</i>   |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar una implicación de daño de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado una implicación de daño, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema                       |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 2   | Si <i>pulsa el botón añadir, podrá agregar una implicación de daño, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2   | Si <i>pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará la implicación de daño si no hay ningún fenómeno asignado a ella, a continuación este caso de uso continúa</i>  |

Fuente: Autor

Cuadro B6. Caso de uso administrar humedad

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| <b>UC-0006</b>          | <b>Administrar humedad</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>   |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona los tipos de humedad encontrados en un fenómeno de remoción en masa. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar, modificar y borrar los actuales.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración tipos de humedad" de la interfaz gráfica.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 1  | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2  | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema  |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 2  | Si <i>pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2  | Si <i>pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B7. Caso de uso administrar forma de la pendiente

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| <b>UC-0007</b>          | <b>Administrar forma de la pendiente</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>   |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona la forma de pendiente (morfometría) encontrada en un fenómeno de remoción en masa. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar, modificar y borrar los actuales.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración forma de la pendiente" de la interfaz gráfica.   |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 1  | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2  | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema                |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 2  | <i>Si pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2  | <i>Si pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B8. Caso de uso administrar forma de la masa desplazada

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0008</b>          | <b>Administrar forma de la masa desplazada</b>  |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>  |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona la forma de la masa desplazada (morfometría) encontrada en un fenómeno de remoción en masa. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar, modificar y borrar los actuales.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración forma de la masa desplazada" de la interfaz gráfica.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema                         |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 2   | <i>Si pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2   | <i>Si pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B9. Caso de uso administrar estado de actividad

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| <b>UC-0009</b>          | <b>Administrar estado de actividad</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>   |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona los estados de actividad de fenómenos de remoción en masa (Activo, Inactivo, Dormido, etc.). El Administrador puede crear nuevos registros, consultar, modificar y borrar los actuales.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración estados de actividad" de la interfaz gráfica.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 1  | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2  | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema                          |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 2  | <i>Si pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2  | <i>Si pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B10. Caso de uso administrar uso del suelo

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0010</b>          | <b>Administrar uso del suelo</b>  |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>  |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona el uso del suelo dónde se presenta un fenómeno de remoción en masa. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar, modificar y borrar los actuales.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración Uso del suelo" de la interfaz gráfica.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 2   | Si <i>pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2   | Si <i>pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B11. Caso de uso administrar textura del suelo

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0011</b>          | <b>Administrar textura del suelo</b>  |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>  |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona la textura del suelo dónde se presenta un fenómeno de remoción en masa. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar, modificar y borrar los actuales.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración Textura del suelo" de la interfaz gráfica.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema     |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 2   | Si <i>pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2   | Si <i>pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B12. Caso de uso administrar color del suelo

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0012</b>          | <b>Administrar color del suelo</b>  |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>  |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona el color del suelo dónde se presenta un fenómeno de remoción en masa. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar, modificar y borrar los actuales.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración Color del suelo" de la interfaz gráfica.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema   |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 2   | <i>Si pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2   | <i>Si pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B13. Caso de uso administrar origen del suelo

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| <b>UC-0013</b>          | <b>Administrar origen del suelo</b>  |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>   |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona el origen del suelo dónde se presenta un fenómeno de remoción en masa. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar, modificar y borrar los actuales.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración Origen del suelo" de la interfaz gráfica.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 1  | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2  | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema    |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 2  | <i>Si pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2  | <i>Si pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B14. Caso de uso administrar movimiento

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| <b>UC-0014</b>          | <b>Administrar Movimiento</b>  |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>   |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona el tipo de movimiento que presentan los fenómenos de remoción en masa. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar, modificar y borrar los actuales.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración Clasificación del Movimiento" de la interfaz gráfica.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 1  | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2  | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema    |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 2  | <i>Si pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2  | <i>Si pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B15. Caso de uso administrar submovimiento

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| <b>UC-0015</b>          | <b>Administrar Submovimiento</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0014] Administrar Movimiento</a>   |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona el tipo de submovimiento dónde se presentan los fenómenos de remoción en masa, cada tipo de submovimiento tiene asociado un movimiento. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar y modificar asignando movimientos a cada submovimiento, también puede borrar los registros existentes.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración Clasificación del Submovimiento" de la interfaz gráfica.   |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 1  | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2  | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema  |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 2  | <i>Si pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2  | <i>Si pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B16. Caso de uso administrar geología

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0016</b>          | <b>Administrar Geología</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>  |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona los tipos de geologías del suelo dónde se presenta un fenómeno de remoción en masa. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar, modificar y borrar los actuales.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración Geología" de la interfaz gráfica.   |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema                 |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 2   | Si <i>pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2   | Si <i>pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B17. Caso de uso administrar tipos de material

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| <b>UC-0017</b>          | <b>Administrar Tipos de material</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0016] Administrar Geología</a>   |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona los tipos de material del suelo dónde se presenta un fenómenos de remoción en masa, cada tipo de material tiene asociado una geología del suelo. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar y modificar asignando geologías a cada tipo de material del suelo, también puede borrar los registros existentes.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración tipos de material" de la interfaz gráfica.   |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 1  | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2  | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema  |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 2  | Si <i>pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2  | Si <i>pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningúnfenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>  |

Fuente: Autor

Cuadro B18. Caso de uso administrar subtipos de material

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0018</b>          | <b>Administrar Subtipos de material</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0017] Administrar Tipos de material</a>   |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona los subtipos de material del suelo dónde se presenta un fenómenos de remoción en masa, cada tipo de material tiene asociado un tipo de material del suelo. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar y modificar asignando tipos de material a cada subtipo de material del suelo, también puede borrar los registros existentes.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Administración subtipos de material" de la interfaz gráfica.   |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema   |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 2   | <i>Si pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2   | <i>Si pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningúnfenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>  |

Fuente: Autor

Cuadro B19. Caso de uso inventario de fenómenos

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0019</b>          | <b>Inventario de fenómenos</b>  |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>  |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el encuestador gestiona el inventario de fenómenos de remoción en masa, diligenciando la información necesaria y disponible para que el fenómeno quede caracterizado e inventariado. El encuestador puede caracterizar nuevos fenómenos, consultar, modificar y borrar los fenómenos existentes, junto con la información asociada a él.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | El sistema de información para la "Caracterización de Fenómenos de Remoción en masa" esta parametrizado.<br>Un usuario Encuestador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br>El encuestador ha seleccionado la opción "Caracterización de Fenómenos" de la interfaz gráfica.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra una lista con los fenómenos ya caracterizados</i>   |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Encuestador (ACT-0002)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse caracterizado un fenómeno, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema  |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 2   | Si <i>pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2   | Si <i>pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro y las tablas de movimiento asociadas al fenómeno caracterizado, a continuación este caso de uso continúa</i>  |

Fuente: Autor

Cuadro B20. Caso de uso gestionar usuarios

|                         |  |   |
|-------------------------|--|---|
| <b>UC-0020</b>          | <b>Gestionar usuarios</b>  |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |   |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>   |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestionar los usuarios del sistema. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar y modificar, establecer perfil, permisos y contraseña, también puede borrar los registros existentes.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.<br><br>El administrador ha seleccionado la opción "Gestión de Usuarios" de la interfaz gráfica.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 1  | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>  |
|                         | 2  | El actor <a href="#">Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.<br><br>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema                            |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>  | <b>Acción</b>   |
|                         | 2  | <i>Si pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>  |
|                         | 2  | <i>Si pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>   |

Fuente: Autor

Cuadro B21. Caso de uso validar usuario.

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0021</b>          | <b>Validar usuarios</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>El usuario ingresa al sistema a través de un nombre de usuario y contraseña, el sistema se encarga de verificar y consultar su perfil y permisos establecidos.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | El usuario debe haberse creado previamente para poder ingresar al sistema.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra la pantalla de bienvenida y pide el nombre de usuario y contraseña.</i>   |
|                         | 2   | El actor <u>Usuario (ACT-0003)</u> <i>digita el nombre de usuario y contraseña</i>  |
|                         | 3   | El sistema <i>válida los datos proporcionados por el usuario</i>  |
|                         | 4   | El sistema <i>obtiene el perfil y permisos del usuario.</i>   |
|                         | 5   | El sistema <i>muestra la pantalla principal dependiendo del perfil y permisos del usuario.</i>  |
| <b>Postcondición</b>    | Usuario validado y logueado   |   |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 3   | Si <i>detecta que el nombre de usuario y contraseña son incorrectos, el sistema envía un mensaje de nombre de usuario y/o contraseña no válidos, a continuación este caso de uso continúa</i> |

Fuente: Autor

Cuadro B22. Caso de uso gestionar perfiles de usuarios y permisos

|                         |   |  |
|-------------------------|---|--|
| <b>UC-0022</b>          | <b>Gestionar Perfiles de Usuarios y Permisos</b>  |  |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |  |
| <b>Dependencias</b>     | <a href="#">[UC-0020] Gestionar usuarios</a><br><a href="#">[UC-0021] Validar usuarios</a>  |  |
| <b>Descripción</b>      | <p>El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>el administrador del sistema gestiona los perfiles y establece permisos de acceso. El Administrador puede crear nuevos registros, consultar y modificar, también puede borrar los registros existentes.</i></p> |  |
| <b>Precondición</b>     | <p>Un usuario Administrador ha realizado correctamente el login en el sistema.</p> <p>El administrador ha seleccionado la opción "Gestión de Usuarios" de la interfaz gráfica.</p>  |  |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>  |
|                         | 1   | El sistema <i>muestra una lista con los registros actuales</i>   |
|                         | 2   | El actor <a href="#">_Administrador del sistema (ACT-0001)</a> <i>puede seleccionar un registro de la lista y pinchar en el botón modificar o eliminar, puede pulsar sobre el botón Agregar, Agregar Grid o Editar Grid, para realizar acciones masivas, también puede realizar búsquedas, imprimir y exportar</i> |
| <b>Postcondición</b>    | <p>En caso de haberse creado un registro, los datos quedan almacenados en la base de datos.</p> <p>En caso de haberse realizado una modificación de los datos, estos quedan almacenados en la base de datos.</p> <p>En caso de haberse realizado un borrado, el registro queda eliminado del sistema</p>    |  |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>  |
|                         | 2   | <i>Si pulsa el botón añadir, podrá agregar un registro, el sistema valida los datos, si encuentra llaves repetidas o campos nulos, muestra un mensaje de error, a continuación este caso de uso continúa</i>   |
|                         | 2   | <i>Si pulsa sobre el botón eliminar, el sistema borrará el registro si no hay ningún fenómeno asignado a él, a continuación este caso de uso continúa</i>  |

Fuente: Autor

Cuadro B23. Caso de uso acceder a servicios geográficos Web

|                         |   |  |
|-------------------------|---|--|
| <b>UC-0023</b>          | <b>Acceder a Servicios Geográficos Web</b>  |  |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |  |
| <b>Fuentes</b>          | <a href="#">Alejandro Álzate Buitrago</a><br><a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |  |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>un usuario desee acceder a los servicios geográficos Web (WFS y WMS)</i>   |  |
| <b>Precondición</b>     | Los servicios web WFS y WMS deben haber sido configurados previamente por el Administrador<br><br>Para el acceso a los servicios por medio del Visor de Mapas, el Geoportal debe estar disponible, además de que el usuario debe tener conexión a Internet.   |  |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>  |
|                         | 1   | El actor <a href="#">Usuario (ACT-0003)</a> <i>accede a un navegador de internet (Internet Explorer o Mozilla Firefox), y en la barra de direcciones proporciona la URL con la petición al servicio deseado.</i>                       |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Usuario (ACT-0003)</a> <i>visualiza en pantalla los resultados de la petición que ha ejecutado, si se trata de la petición de una imagen, o descarga el archivo que ha solicitado con información geográfica.</i> |
| <b>Postcondición</b>    | Si se ha realizado exitosamente el acceso a los servicios web, y se ha seguido el flujo básico de eventos, los servicios WFS y WMS podrán ser consumidos por los diferentes medios, el usuario podrá tomar los productos que necesita de ellos, de tipo gráfico (mapas generados mediante las configuraciones personalizadas), o de tipo informativo (información de los servicios cargados). |  |
| <b>Excepciones</b>      | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>  |
|                         | 1   | <i>Si no se conocen los distintos parámetros para la configuración de una petición por navegador, el sistema no muestra la información solicitada, a continuación este caso de uso queda sin efecto</i>                                |

Fuente: Autor

Cuadro B24. Caso de uso acceder a servicios geográficos con un cliente

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| <b>UC-0024</b>          | <b>Acceder a Servicios Geográficos con un cliente</b>   |   |
| <b>Autores</b>          | <a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>  |   |
| <b>Fuentes</b>          | <a href="#">Alejandro Álzate Buitrago</a><br><a href="#">Raúl Alberto Gaviria</a>   |   |
| <b>Descripción</b>      | El sistema deberá comportarse tal como se describe en el siguiente caso de uso cuando <i>un usuario desee acceder a los servicios geográficos WFS y WMSa través de un cliente de escritorio (QGIS o gvSIG) o el de su preferencia, este flujo de eventos no es estándar, depende del cliente escogido, aunque los parámetros en general son los mismos a tener en cuenta.</i> |   |
| <b>Precondición</b>     | Los servicios WFS y WMS deben haber sido configurados previamente por el Administrador<br><br>Para el acceso a los servicios mediante un cliente, éste debe estar previamente instalado en el equipo desde el cual se va a acceder a los mismos.  |   |
| <b>Secuencia normal</b> | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |
|                         | 1   | El actor <a href="#">Usuario (ACT-0003)</a> <i>accede al cliente SIG, este mostrará la pantalla de inicio. Allí el Usuario selecciona en el Gestor de Proyectos la opción Vista, y crea una nueva vista</i>   |
|                         | 2   | El actor <a href="#">Usuario (ACT-0003)</a> <i>añade a la Vista una capa desde diferentes opciones, las opciones para añadir una capa son:</i><br><i>Archivo: Desde un archivo local (shape, imagen, KML, DGN, DWG, DXF).</i><br><i>GeoBD: Haciendo referencia a una ubicación de una base de datos Georeferenciación.</i><br><i>Anotación.</i><br><i>WMS.</i><br><i>WCS.</i><br><i>ArcIMS.</i><br><i>WFS.</i><br><i>Etc.</i> |
|                         | 3   | El actor <a href="#">Usuario (ACT-0003)</a> <i>visualiza en pantalla los resultados de la petición que ha ejecutado, si se trata de la petición de una imagen, o descarga el archivo que ha solicitado con información geográfica.</i>  |

Cuadro 58 (Continuación)

|                      |   |   |  |
|----------------------|---|---|--|
| <b>UC-0024</b>       |   | <b>Acceder a Servicios Geográficos con un cliente</b>   |  |
| <b>Postcondición</b> | Si se ha realizado exitosamente el acceso a los servicios, y se ha seguido el flujo básico de eventos, los servicios WFS y WMS podrán ser consumidos, y el usuario podrá tomar los productos que necesita de ellos, de tipo gráfico (mapas generados mediante las configuraciones personalizadas), o de tipo informativo (información de los servicios cargados). |   |  |
| <b>Excepciones</b>   | <b>Paso</b>   | <b>Acción</b>   |  |
|                      | 2   | Si <i>el usuario no tiene conocimientos del cliente SIG</i> , el sistema <i>no entrega la información requerida</i> , a continuación este caso de uso <i>queda sin efecto</i> |  |

Fuente: Autor

## ANEXO C(Script DDL de generación de la BD)

```
/* ----- */
/* Target DBMS:   PostgreSQL 9                               */
/* Project name:   Caracterización e Inventario de Fenómenos de Remoción */
/*                en Masa                                     */
/* Author:        Raúl Alberto Gaviria Valencia             */
/* Script type:    Database creation script                 */
/* Created on:     2014-12-06 16:52                         */
/* ----- */
```

```
/* ----- */
/* Tables                                     */
/* ----- */
```

```
/* ----- */
/* Add table "uso_sue"                       */
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE uso_sue (
cod_usosue NUMERIC(5) NOT NULL,
nom_usosue CHARACTER(40),
    CONSTRAINT PK_uso_sue PRIMARY KEY (cod_usosue)
);
```

```
/* ----- */
/* Add table "causas_nat"                   */
/* ----- */
```

```

CREATE TABLE causas_nat (
cod_cau_n NUMERIC(5) NOT NULL,
nom_cau_n CHARACTER(40),
    CONSTRAINT PK_causas_nat PRIMARY KEY (cod_cau_n)
);

```

```

/* ----- */
/* Add table "causas_ant" */
/* ----- */

```

```

CREATE TABLE causas_ant (
cod_cau_a NUMERIC(5) NOT NULL,
nom_cau_a CHARACTER(40),
    CONSTRAINT PK_causas_ant PRIMARY KEY (cod_cau_a)
);

```

```

/* ----- */
/* Add table "estados_act" */
/* ----- */

```

```

CREATE TABLE estados_act (
cod_est_act NUMERIC(5) NOT NULL,
nom_est_act CHARACTER(40),
    CONSTRAINT PK_estados_act PRIMARY KEY (cod_est_act)
);

```

```

/* ----- */
/* Add table "implicaciones" */
/* ----- */

```

```
CREATE TABLE implicaciones (  
cod_imp NUMERIC(5) NOT NULL,  
nom_imp CHARACTER(40),  
    CONSTRAINT PK_implicaciones PRIMARY KEY (cod_imp)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "danos" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE danos (  
cod_dano NUMERIC(5) NOT NULL,  
nom_dano CHARACTER(40),  
    CONSTRAINT PK_danos PRIMARY KEY (cod_dano)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "barrios" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE barrios (  
cod_bar NUMERIC(5) NOT NULL,  
nom_bar CHARACTER(40),  
    CONSTRAINT PK_barrios PRIMARY KEY (cod_bar)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "movimiento" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE movimiento (  
cod_movimiento NUMERIC(5) NOT NULL,  
nom_movimiento CHARACTER(40),  
    CONSTRAINT PK_movimiento PRIMARY KEY (cod_movimiento)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "sub_movimiento" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE sub_movimiento (  
cod_sub_movimiento CHARACTER(5) NOT NULL,  
nom_sub_movimiento CHARACTER(40),  
    cod_movimiento NUMERIC(5),  
CONSTRAINT PK_sub_movimiento PRIMARY KEY (cod_sub_movimiento)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "humedad" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE humedad (  
cod_hum NUMERIC(5) NOT NULL,  
nom_hum CHARACTER(40),  
    CONSTRAINT PK_humedad PRIMARY KEY (cod_hum)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "geologia" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE geologia (  
cod_geo NUMERIC(5) NOT NULL,  
nom_geo CHARACTER(40),  
    CONSTRAINT PK_geologia PRIMARY KEY (cod_geo)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "tip_mat" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE tip_mat (  
cod_mat NUMERIC(5) NOT NULL,  
nom_mat CHARACTER(40),  
abr_mat CHARACTER(5),  
cod_geo NUMERIC(5),  
    CONSTRAINT PK_tip_mat PRIMARY KEY (cod_mat)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "subtipmat" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE subtipmat (  
cod_subtipmat CHARACTER(5) NOT NULL,  
nom_subtipmat CHARACTER(40),  
abr_subtipmat CHARACTER(5),  
cod_mat NUMERIC(5),  
    CONSTRAINT PK_subtipmat PRIMARY KEY (cod_subtipmat)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "textura" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE textura (  
cod_textu NUMERIC(5) NOT NULL,  
nom_textu CHARACTER(40),  
    CONSTRAINT PK_textura PRIMARY KEY (cod_textu)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "color" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE color (  
cod_color NUMERIC(5) NOT NULL,  
nom_color CHARACTER(40),  
    CONSTRAINT PK_color PRIMARY KEY (cod_color)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "origen" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE origen (  
cod_origen NUMERIC(5) NOT NULL,  
nom_origen CHARACTER(40),  
    CONSTRAINT PK_origen PRIMARY KEY (cod_origen)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "forma_pend" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE forma_pend (  
cod_for_pen NUMERIC(5) NOT NULL,  
nom_for_pen CHARACTER(40),  
    CONSTRAINT PK_forma_pend PRIMARY KEY (cod_for_pen)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "forma_masa" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE forma_masa (  
cod_for_mas NUMERIC(5) NOT NULL,  
nom_for_mas CHARACTER(40),  
    CONSTRAINT PK_forma_masa PRIMARY KEY (cod_for_mas)  
);
```

```
/* ----- */  
/* Add table "fenomeno" */  
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE fenomeno (  
cod_fen NUMERIC(5) NOT NULL,  
fec_gra_fen DATE,  
dir_fen CHARACTER(60),  
lat_g_fen NUMERIC(7,5),
```

lat\_m\_fen NUMERIC(7,5),  
lat\_s\_fen NUMERIC(7,5),  
lon\_g\_fen NUMERIC(7,5),  
lon\_m\_fen NUMERIC(7,5),  
lon\_s\_fen NUMERIC(7,5),  
asnm\_fen NUMERIC(7,5),  
fec\_eve\_fen DATE,  
lad\_nat\_fen CHARACTER(1),  
lad\_inv\_fen CHARACTER(1),  
explo\_fen CHARACTER(1),  
    basu\_fen CHARACTER(1),  
    rondai\_fen CHARACTER(1),  
    rondad\_fen CHARACTER(1),  
    cuenca\_fen CHARACTER(40),  
    pendiente\_fen NUMERIC(5,2),  
    altura\_fen NUMERIC(7,5),  
    longitud\_total\_fen NUMERIC(7,5),  
    longitud\_cara\_fen NUMERIC(7,5),  
    volumen\_fen NUMERIC(7,5),  
area\_fen NUMERIC(7,5),  
obs\_fen TEXT,  
fotol\_fen BYTEA,  
    fotof\_fen BYTEA,  
evento\_fen CHARACTER(40),  
cod\_textu NUMERIC(5),  
cod\_color NUMERIC(5),  
cod\_origen NUMERIC(5),  
cod\_movimiento NUMERIC(5),  
cod\_hum NUMERIC(5),  
cod\_est\_act NUMERIC(5),

```

cod_for_pen NUMERIC(5),
cod_for_mas NUMERIC(5),
cod_bar NUMERIC(5),
fen_lat NUMERIC(12,8),
fen_lon NUMERIC(12,8),
fen_punto geometry(Point,4326),
cod_sub_movimiento CHARACTER(5),
nit_usu NUMERIC(12),
    CONSTRAINT PK_fenomeno PRIMARY KEY (cod_fen)
);

```

```

/* ----- */
/* Add table "danos_fenomeno" */
/* ----- */

```

```

CREATE TABLE danos_fenomeno (
cod_dano NUMERIC(5) NOT NULL,
cod_fen NUMERIC(5) NOT NULL,
unidad NUMERIC(5),
cantidad NUMERIC(5),
cod_imp NUMERIC(5),
nit_usu NUMERIC(12) NOT NULL,
    CONSTRAINT PK_danos_fenomeno PRIMARY KEY (cod_dano, cod_fen,
nit_usu)
);

```

```

/* ----- */
/* Add table "geologia_fenomeno" */
/* ----- */

```

```

CREATE TABLE geologia_fenomeno (
cod_geo NUMERIC(5) NOT NULL,
cod_fen NUMERIC(5) NOT NULL,
cod_mat NUMERIC(5) NOT NULL,
cod_subtipmat CHARACTER(5) NOT NULL,
niv_mat_I CHARACTER(5),
niv_mat CHARACTER(5),
esp_mat NUMERIC(5),
    CONSTRAINT PK_geologia_fenomeno PRIMARY KEY (cod_geo, cod_fen,
cod_mat, cod_subtipmat)
);

```

```

/* ----- */
/* Add table "uso_sue_fenomeno" */
/* ----- */

```

```

CREATE TABLE uso_sue_fenomeno (
cod_usosue NUMERIC(5) NOT NULL,
cod_fen NUMERIC(5) NOT NULL,
nit_usu NUMERIC(12) NOT NULL,
    CONSTRAINT PK_uso_sue_fenomeno PRIMARY KEY (cod_usosue, cod_fen,
nit_usu)
);

```

```

/* ----- */
/* Add table "causas_nat_fenomeno" */
/* ----- */

```

```

CREATE TABLE causas_nat_fenomeno (
cod_cau_n NUMERIC(5) NOT NULL,

```

```

cod_fen NUMERIC(5) NOT NULL,
det_con CHARACTER(1),
nit_usu NUMERIC(12) NOT NULL,
    CONSTRAINT PK_causas_nat_fenomeno PRIMARY KEY (cod_cau_n,
cod_fen, nit_usu)
);

```

```

/* ----- */
/* Add table "causas_ant_fenomeno" */
/* ----- */

```

```

CREATE TABLE causas_ant_fenomeno (
cod_cau_a NUMERIC(5) NOT NULL,
cod_fen NUMERIC(5) NOT NULL,
det_con CHARACTER(1),
nit_usu NUMERIC(12) NOT NULL,
    CONSTRAINT PK_causas_ant_fenomeno PRIMARY KEY (cod_cau_a,
cod_fen, nit_usu)
);

```

```

/* ----- */
/* Add table "usuarios" */
/* ----- */

```

```

CREATE TABLE usuarios (
nit_usu NUMERIC(12) NOT NULL,
nom_usu CHARACTER(40),
est_usu TEXT CHECK (est_usu IN ('Y', 'N')) DEFAULT 'N',
usr_usu CHARACTER(8),
pass_usu CHARACTER(8),

```

```
userlevelid NUMERIC(11),
    CONSTRAINT PK_usuarios PRIMARY KEY (nit_usu)
);
```

```
/* ----- */
/* Add table "userlevels" */
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE userlevels (
userlevelid NUMERIC(11) DEFAULT 0 NOT NULL,
userlevelname CHARACTER(50),
    CONSTRAINT PK_userlevels PRIMARY KEY (userlevelid)
);
```

```
/* ----- */
/* Add table "userlevelpermissions" */
/* ----- */
```

```
CREATE TABLE userlevelpermissions (
userlevelid NUMERIC(11) NOT NULL,
tablename CHARACTER(255) NOT NULL,
permission NUMERIC(11),
    CONSTRAINT PK_userlevelpermissions PRIMARY KEY (userlevelid,
tablename)
);
```

```
/* ----- */
/* Foreign key constraints */
/* ----- */
```

```
ALTER TABLE sub_movimiento ADD CONSTRAINT movimiento_sub_movimiento  
FOREIGN KEY (cod_movimiento) REFERENCES movimiento (cod_movimiento);
```

```
ALTER TABLE tip_mat ADD CONSTRAINT geologia_tip_mat  
FOREIGN KEY (cod_geo) REFERENCES geologia (cod_geo);
```

```
ALTER TABLE subtipmat ADD CONSTRAINT tip_mat_subtipmat  
FOREIGN KEY (cod_mat) REFERENCES tip_mat (cod_mat);
```

```
ALTER TABLE fenomeno ADD CONSTRAINT textura_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_textu) REFERENCES textura (cod_textu);
```

```
ALTER TABLE fenomeno ADD CONSTRAINT color_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_color) REFERENCES color (cod_color);
```

```
ALTER TABLE fenomeno ADD CONSTRAINT origen_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_origen) REFERENCES origen (cod_origen);
```

```
ALTER TABLE fenomeno ADD CONSTRAINT movimiento_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_movimiento) REFERENCES movimiento (cod_movimiento);
```

```
ALTER TABLE fenomeno ADD CONSTRAINT humedad_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_hum) REFERENCES humedad (cod_hum);
```

```
ALTER TABLE fenomeno ADD CONSTRAINT estados_act_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_est_act) REFERENCES estados_act (cod_est_act);
```

```
ALTER TABLE fenomeno ADD CONSTRAINT forma_pend_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_for_pen) REFERENCES forma_pend (cod_for_pen);
```

```
ALTER TABLE fenomeno ADD CONSTRAINT forma_masa_fenomeno  
    FOREIGN KEY (cod_for_mas) REFERENCES forma_masa (cod_for_mas);
```

```
ALTER TABLE fenomeno ADD CONSTRAINT barrios_fenomeno  
    FOREIGN KEY (cod_bar) REFERENCES barrios (cod_bar);
```

```
ALTER TABLE fenomeno ADD CONSTRAINT sub_movimiento_fenomeno  
    FOREIGN KEY (cod_sub_movimiento) REFERENCES sub_movimiento  
(cod_sub_movimiento);
```

```
ALTER TABLE fenomeno ADD CONSTRAINT usuarios_fenomeno  
    FOREIGN KEY (nit_usu) REFERENCES usuarios (nit_usu);
```

```
ALTER TABLE danos_fenomeno ADD CONSTRAINT danos_danos_fenomeno  
    FOREIGN KEY (cod_dano) REFERENCES danos (cod_dano);
```

```
ALTER TABLE danos_fenomeno ADD CONSTRAINT  
fenomeno_danos_fenomeno  
    FOREIGN KEY (cod_fen) REFERENCES fenomeno (cod_fen);
```

```
ALTER TABLE danos_fenomeno ADD CONSTRAINT  
implicaciones_danos_fenomeno  
    FOREIGN KEY (cod_imp) REFERENCES implicaciones (cod_imp);
```

```
ALTER TABLE geologia_fenomeno ADD CONSTRAINT  
geologia_geologia_fenomeno  
    FOREIGN KEY (cod_geo) REFERENCES geologia (cod_geo);
```

```
ALTER TABLE geologia_fenomeno ADD CONSTRAINT  
fenomeno_geologia_fenomeno
```

```
FOREIGN KEY (cod_fen) REFERENCES fenomeno (cod_fen);
```

```
ALTER TABLE geologia_fenomeno ADD CONSTRAINT  
tip_mat_geologia_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_mat) REFERENCES tip_mat (cod_mat);
```

```
ALTER TABLE geologia_fenomeno ADD CONSTRAINT  
subtipmat_geologia_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_subtipmat) REFERENCES subtipmat (cod_subtipmat);
```

```
ALTER TABLE uso_sue_fenomeno ADD CONSTRAINT  
uso_sue_uso_sue_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_usosue) REFERENCES uso_sue (cod_usosue);
```

```
ALTER TABLE uso_sue_fenomeno ADD CONSTRAINT  
fenomeno_uso_sue_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_fen) REFERENCES fenomeno (cod_fen);
```

```
ALTER TABLE causas_nat_fenomeno ADD CONSTRAINT  
causas_nat_causas_nat_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_cau_n) REFERENCES causas_nat (cod_cau_n);
```

```
ALTER TABLE causas_nat_fenomeno ADD CONSTRAINT  
fenomeno_causas_nat_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_fen) REFERENCES fenomeno (cod_fen);
```

```
ALTER TABLE causas_ant_fenomeno ADD CONSTRAINT  
causas_ant_causas_ant_fenomeno  
FOREIGN KEY (cod_cau_a) REFERENCES causas_ant (cod_cau_a);
```

```
ALTER TABLE causas_ant_fenomeno ADD CONSTRAINT
fenomeno_causas_ant_fenomeno
    FOREIGN KEY (cod_fen) REFERENCES fenomeno (cod_fen);
```

```
ALTER TABLE usuarios ADD CONSTRAINT userlevels_usuarios
    FOREIGN KEY (userlevelid) REFERENCES userlevels (userlevelid);
```

```
ALTER TABLE userlevelpermissions ADD CONSTRAINT
userlevels_userlevelpermissions
    FOREIGN KEY (userlevelid) REFERENCES userlevels (userlevelid);
```

ANEXO D(Manual de Usuario y Operación)