



REVISTA UD Y LA GEOMÁTICA

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/UDGeo/index>

DOI:<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.udgeo.2013.7.a06>

INVESTIGACIÓN

Sistema de información vial para emergencias en Bogotá D.C. modelado con lenguaje de metaprosesos

Street information system for emergencies in Bogotá DC modeling with metaprocessess language.

Jhon Camilo Matiz León^a, Adrián Alejandro González Rodríguez^b, Luis Steven Blanco González^c, Sandro Javier Bolaños Castro^d

Para Citar este artículo: Matiz León J.C., González Rodríguez A.A., Blanco González L.S. & Bolaños Castro S.J. (2013). Sistema de información vial para la atención de emergencias modelado con lenguaje de metaprosesos. caso de estudio: el Chicó – Bogotá D. C. UD y la Geomática, (7), pp. 53 – 64.

Fecha de recepción: 08 de julio de 2013 / **Fecha de aceptación:** 01 de noviembre 2013

RESUMEN

En este artículo se presenta el Lenguaje de Modelamiento de Metodologías y Procesos (LMMPS) como una nueva alternativa para el análisis y desarrollo de sistemas de información geográfica (SIG), modelando específicamente el Sistema de Información Vial para la Atención de Emergencias (SIVAE), el cual asume los puntos de vista de la gestión, estructuración e innovación como el metaprosesos de desarrollo de software, como resultados de la metodología LMMPS.

El LMMPS permite determinar los diferentes componentes que conforman una estructura de prototipo para la información geográfica, desde la conceptualización de la ingeniería del software. Este procedimiento permite generar los diversos puntos de vista de la metodología implementada, como también obtener los requerimientos, roles de los actores participantes, entregables del proyecto, documentación, mejoras, entre otros elementos modelados a partir del metaprosesos. Con esta metodología, surge el SIVAE como una propuesta concebida a partir de la ingeniería de software, siendo una herramienta que genera reportes de las rutas críticas para la atención de incidencias y optimiza la toma de decisiones en los procesos de atención de emergencias en la zona de El Chicó, localizada al norte de la ciudad de Bogotá D. C.

Palabras clave: metaprosesos, ingeniería de software, LMMPS, SIG, sistemas de información geográfica, sistema de información vial, atención de emergencias.

ABSTRACT

This article presents the Language Modeling Methodologies and Processes - LMMPS (by its acronym in Spanish) as a new alternative for the analysis and development of Geographic Information Systems - GIS, specifically modeling the Road Information System for Emergency Care – SIVAE (by its acronym in Spanish), which assumes the views of Management, Structuring and Innovation as Metaprocess Software Development, as a result of the LMMPS methodology.

The LMMPS allows to determine the different components that make up a prototype structure for geographic information from the conceptualization of Software Engineering. This procedure allows to generate the different views of the implemented methodology, as well as meet requirements, roles of the actors involved, the project deliverables, documentation improvements, among others modeled from metaprocess components. With this methodology, the SIVAE emerges as a proposal for software engineering, being a tool that generates reports of critical paths for dealing of incidents, optimizing decision-making process in the emergency response in the area of El Chico, located north of Bogotá D. C.

Keywords: metaprocess, software engineering, LMMPS, GIS, Geographic Information Systems, Road Information System, emergency.

^aIngeniero catastral y geodesta. Estudiante de Maestría en Ciencias de la Información, énfasis en Geomática, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Investigador del Grupo de Exploración de Recursos Geotérmicos del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Correspondencia: ing.camilo.matiz@gmail.com

^bIngeniero Topográfico. Estudiante de Maestría en Ciencias de la Información, énfasis en Geomática, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente de la Universidad de Cundinamarca. Correspondencia: gerencia@geomap.com

^cIngeniero Topográfico. Estudiante de Maestría en Ciencias de la Información, énfasis en Geomática, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Profesional en Catastro del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). Correspondencia: ingstevenblanco@gmail.com

^dIngeniero de Sistemas. Magíster en Teleinformática. Doctor en Informática. Profesor asociado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correspondencia: sbolanos@udistrital.edu.co

1. Introducción

Los problemas de movilidad que presenta la ciudad debido a la demanda de vehículos por parte de los ciudadanos, así como la mala planificación de las vías (entre otros factores) han ocasionado que los desplazamientos de la población en Bogotá cada vez sea más difícil, pues se producen retrasos en los recorridos y congestión vehicular en la red vial, y aunque para unos la mejor opción sea salir con anterioridad u optar por otros medios de transporte hay grupos de personas que requieren mayor fluidez en sus recorridos y que muy seguramente no pueden optar por otras soluciones. Estos grupos, que son la población objeto de este trabajo, forman la denominada red de atención de emergencias, y está compuesto por ambulancias, vehículos cisterna del cuerpo de bomberos, organismos de socorro como la Cruz Roja y la Defensa Civil, además de las patrullas de la Policía Nacional. Con el fin de agilizar su movilidad para que puedan atender y cumplir a tiempo con las emergencias que diariamente se presentan en la ciudad, se propuso generar un sistema de información de análisis espacial por medio herramientas que ofrecen software tales como ArcGIS, QGIS, entre otras plataformas. Este sistema está compuesto por información real de la malla vial, incluyendo el catastro de Bogotá, con el cual se podrá referenciar en ubicaciones reales los puntos origen de los grupos de atención a emergencias para, a su vez, poderlos relacionar con posibles ubicaciones donde se puedan presentar las solicitudes de socorro por parte de los ciudadanos. Con esto se estiman posibles rutas de atención que les permiten a los socorristas elegir cuál desplazamiento puede llegar a hacer más efectivo para cumplir con su objetivo.

2. Ingeniería de software

La Ingeniería de Software se entiende en muchos casos como una disciplina directamente orientada al desarrollo de sistemas de software. Estos desarrollos buscan la optimización de proyectos implementados bajo una serie de metodologías y procesos. En el caso del desarrollo del SIVAE, se realizó un análisis y diseño metodológico bajo un modelo en espiral, el cual contiene actividades estructurales dentro del desarrollo e implementación del Sistema de Información Vial. Las siguientes actividades se enmarcan dentro de un ciclo de vida clásico de diseño de aplicaciones:

- Comunicación con el cliente: actividad donde se establece una comunicación clara y eficaz, entre el desarrollador y el cliente.
- Planeación: etapa de definición de los recursos, el tiempo y otras informaciones relacionadas con el

proyecto, es decir, todos los requerimientos.

- Análisis de riesgos: una de las actividades principales aplicada el modelo en espiral, la cual es requerida para evaluar los riesgos técnicos del proyecto.
- Ingeniería: actividad donde se generan las representaciones de la aplicación. Desarrollo y adaptación: actividad del modelo espiral, donde se construye, prueba, instala y proporciona soporte al usuario.
- Evaluación el cliente: etapa donde se reciben las observaciones del cliente, según la evaluación realizada a las representaciones del software generadas en las etapas de ingeniería e implementación y probadas en las actividades de instalación.

3. Lenguaje de Modelado y Metodología de Procesos de Software - LMMPS

El Lenguaje de Modelado y Metodología de Procesos de Software (LMMPS) es una nueva metodología de modelamiento que permite plantear elementos, interacciones y puntos de vista basados en el Metaproceso (Bolaños & López, 2012). Como método de desarrollo de software, admite la integración de los lenguajes común y máquina desde ciertas perspectivas.

El metaproceso se divide en los siguientes componentes: perspectivas de gestión (gestiona la producción y responsabilidades del proyecto), estructuración (estructura con arquitectura de software el proyecto) e innovación (analiza la ejecución del proyecto y plantea mejoras). La perspectiva de gestión comprende los puntos de vista de estrategia, organización, producción y documentación. La perspectiva de estructuración se compone de: arquitectura, pautas, mapa de ruta de artefactos y contribución. Por último, la innovación contiene la definición de problemas/soluciones, mejoras y conocimiento como puntos de vista (Bolaños Castro et al., 2011).

4. Sistemas de información geográfica: desarrollo e implementación

Un sistema de Información Geográfica (SIG) se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, optimizando los procesos de consulta de la información geográfica con atributos descriptivos y proporcionando así al

usuario de una herramienta vital en la toma de decisiones (Instituto Von Humbolt, 2006). El desarrollo de un SIG, contempla el análisis y diseño de una base de datos de información estructurada, elaborada en tres etapas (Soza-Pedroza, 2009):

- **Diseño conceptual:** aquí se identifican los requerimientos de información y los datos disponibles relacionados con ellos, que a su vez generan un modelo conceptual y una definición clara para el usuario en relación con la aplicación.
- **Diseño lógico:** consiste en la concepción general del sistema mediante la integración de información, lo que permitirá eliminar redundancias y optimizar el esquema formal de la base de datos.
- **Modelo físico:** representa la última etapa, la cual consiste en el desarrollo computacional de la base de datos (diseño de registros, archivos, métodos de acceso, restricciones de seguridad, etc.). El propio diseño determina las dimensiones del equipo tales como características de memoria, velocidad de procesamiento, etc., por lo que el modelo físico puede rediseñarse en función del equipo disponible.

5. Metodología

La metodología de implementación del metaproceso de LMMPS en el prototipo del SIVAE comprende la realización total de la estrategia de gestión y los puntos de vista de arquitectura y mapa de ruta de artefactos de la perspectiva de estructuración y el punto de vista de conocimiento para la perspectiva de innovación. Para el desarrollo de los diagramas de los puntos de vista mencionados, se contó con una distribución del software Coloso con licencia universitaria, de autoría del ingeniero y docente Sandro Bolaños (Salazar & Lizarazo, 2014).

5.1. Caso de estudio: localidad de Chapinero (Bogotá D. C.)

El área de estudio pertenece a la zona norte de la localidad de Chapinero, ubicada al nororiente de la ciudad de Bogotá D. C. En esta zona se encuentra el sector conocido como El Chicó, el cual se compone de los barrios: Chicó, Chicó Norte, Chicó Norte II, Antiguo Country, que limitan al occidente con la Autopista Norte (límites con la localidad de Barrios Unidos) y al norte colinda con la calle 100 (límites con la localidad de Usaquén). Al oriente se encuentran los cerros orientales, contiguos al municipio de La Calera (Cundinamarca).

La localidad de Chapinero alberga 52 colegios no oficiales, 65 universidades, 29 instituciones universitarias, 7

instituciones tecnológicas, 3 instituciones de régimen especial (instituciones educativas para población en situación de discapacidad), 8 instituciones técnicas y 5 centros de investigación. También se localizan 10 equipamientos de salud que corresponden a un centro de atención ambulatoria, 8 instituciones de nivel 3 y 1 unidad primaria de atención, además de 1624 instituciones privadas prestadoras de servicios de salud que corresponden a laboratorios, consultorios médicos y centros de salud entre otros.

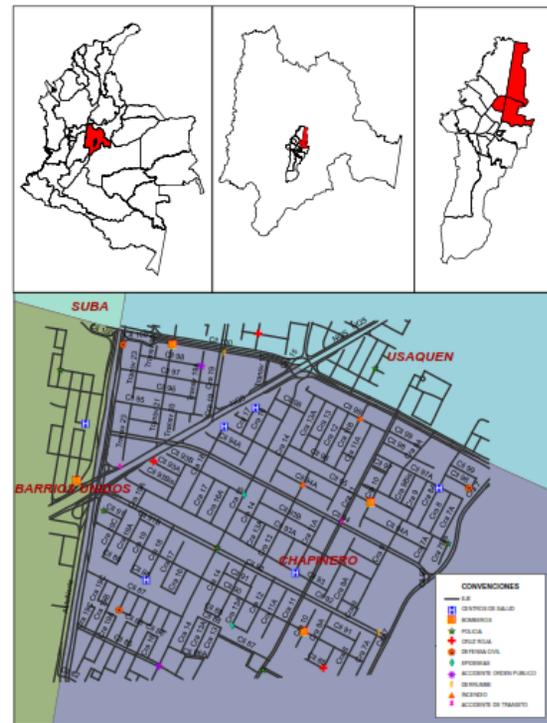


Figura 1. Área de estudio: El Chicó, norte de Bogotá D. C.

Fuente: elaboración propia.

La población de chapinero es de 131.027 habitantes, equivalente al 1,8% de los habitantes del Distrito Capital (Secretaría Distrital de Planeación, 2009) y es una área de estratos 5 y 6, donde predominan usos residenciales y comerciales del suelo.

Teniendo en cuenta que el sector de Chicó donde se focaliza el área de estudio corresponde únicamente al 15% de la localidad, de la anterior descripción se incluye entre el 10% y el 20% de las instituciones mencionadas; y para efectos de la implementación del análisis de rutas del SIVAE se trabajaron datos de localización que asumen posiciones en el área de estudio que en la realidad no corresponden a centros de atención, sino a puntos aleatorios para efectos de pruebas en el SIVAE. Las incidencias también fueron asumidas para efectos de pruebas del prototipo, y corresponden a accidentes de tránsito y situaciones de riesgo con servicios públicos (gas, energía, acueducto y alcantarillado).

5.2. Metaproceso en SIVAE

A continuación se observa la descripción del metaproceso de cada una de sus procesos y puntos de vista en el desarrollo del prototipo del SIVAE.

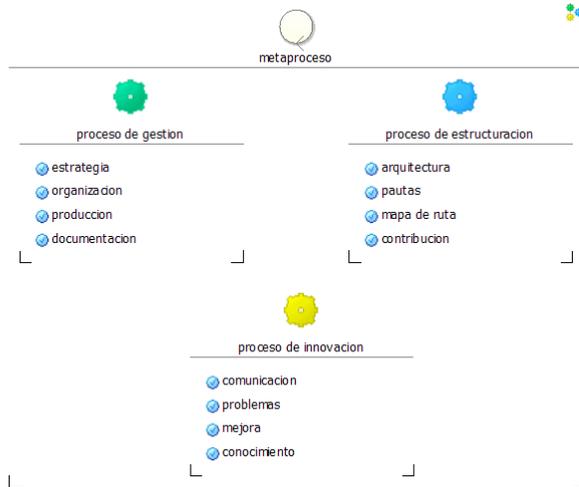


Figura 2. Procesos del *metaproceso*.
Fuente: Bolaños *et al.*, (2013).

5.2.1. Perspectiva de gestión

Esta perspectiva identifica claramente los integrantes del proyecto, conjuntamente con sus roles, responsabilidades y funciones, lo que permite conocer la línea de producción de los entregables finales. En el proceso de gestión se establecen los puntos de vista que determinan la proyección y ejecución eventual del proyecto.

- Punto de vista: estrategia

La estrategia de ingeniería de software bajo la cual se desarrolló el prototipo es la de espiral, que incluye un proceso de cascada en la etapa de proceso y prueba, la cual permite llevar un seguimiento secuencial de las pruebas del prototipo.

- Punto de vista: organización

Los participantes en el proyecto están dados por esta relación: un actor (ingeniero) igual a un rol. La distribución de roles se define en la siguiente estructura jerárquica (figura 4).

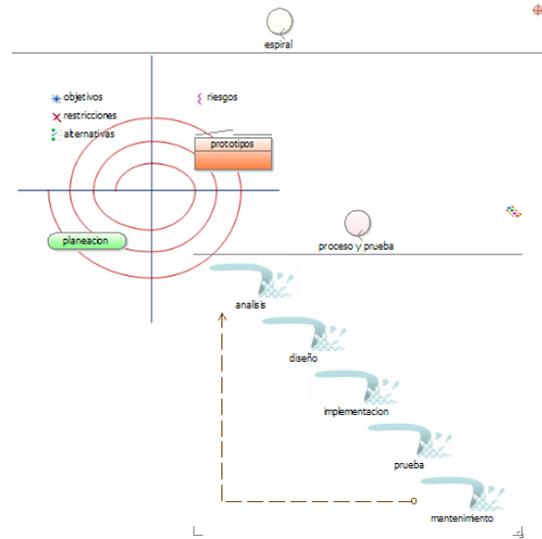


Figura 3. Estrategia en *espiral* y *cascada*.
Fuente: elaboración propia.

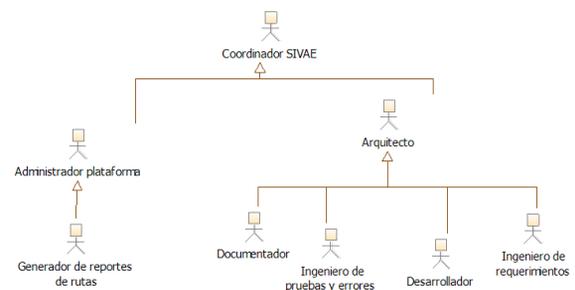


Figura 4. Punto de vista de *organización* y roles del SIVAE.
Fuente: elaboración propia.

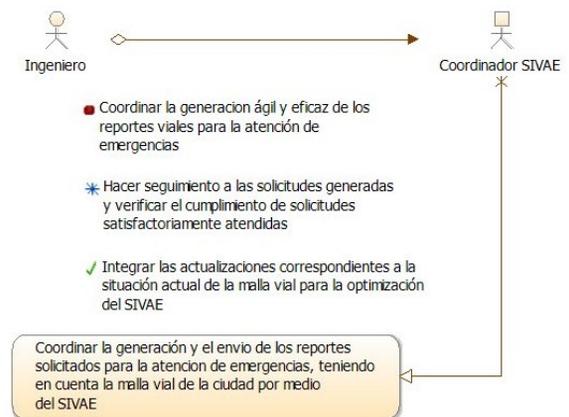


Figura 5. Características del coordinador del SIVAE.
Fuente: elaboración propia.

Para cada uno de los roles se definieron las actividades, funciones, objetivos y prácticas propias de su intervención en cada etapa. Para el rol de coordinador de SIVAE se definieron las siguientes:

En cuanto al rol de administrador de la plataforma del SIVAE, sus características son:

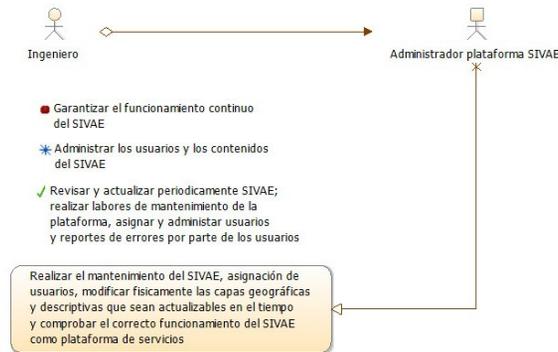


Figura 6. Características del administrador de la plataforma del SIVAE.

Fuente: elaboración propia.

Rol del gestor de reportes de rutas con sus características:

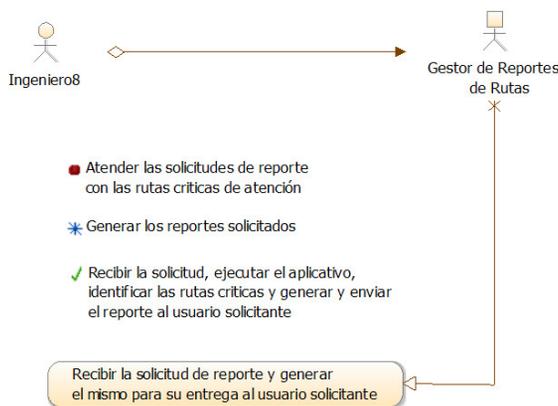


Figura 7. Características del gestor de reportes de rutas.

Fuente: elaboración propia.

Rol del arquitecto de software con sus características:

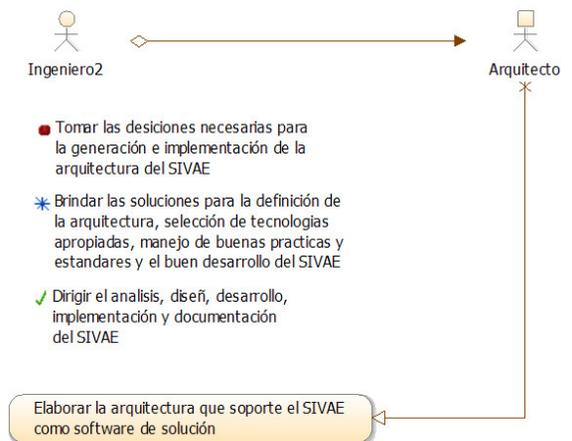


Figura 8. Características del arquitecto de software.

Fuente: elaboración propia.

Hay que destacar que los roles del desarrollador y del documentador son los únicos asignados al mismo actor (un ingeniero). A continuación, se relaciona cada uno de ellos con sus características:

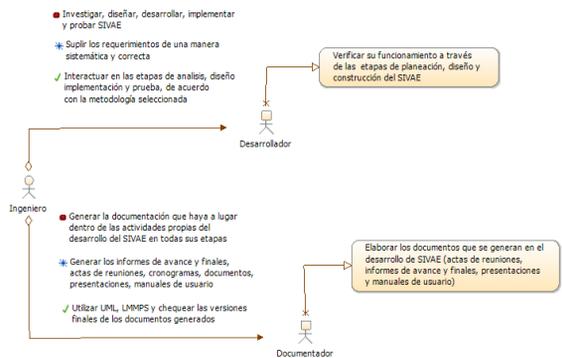


Figura 9. Características del desarrollador y documentador.

Fuente: elaboración propia.

Rol del ingeniero de requerimientos con sus características:

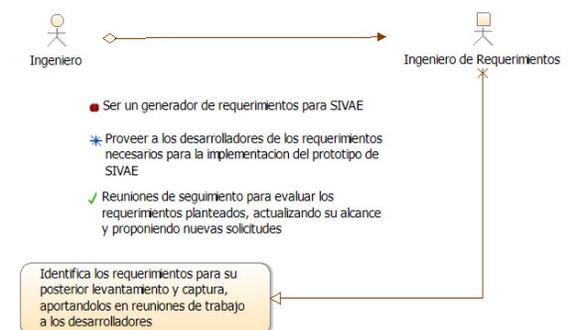


Figura 10. Características del ingeniero de requerimientos.

Fuente: elaboración propia.

Rol del ingeniero de pruebas y errores con sus características: requerimientos

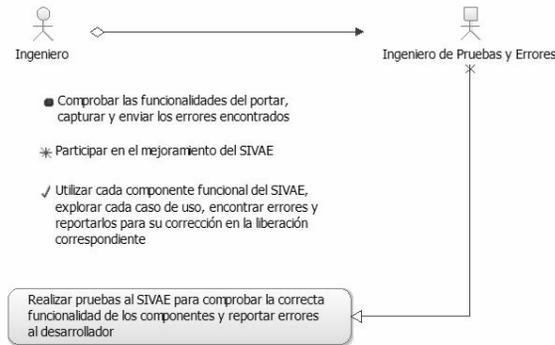


Figura 11. Características del ingeniero de requerimientos. Fuente: elaboración propia.

• Punto de vista: producción

Durante el desarrollo del SIVAE se identificaron tres entregables para su culminación: prototipo del SIVAE, reportes de las rutas críticas y la documentación propia del proyecto. A continuación se evidencia la relación de cada uno de los roles y su función con respecto a cada uno de los entregables, teniendo en cuenta los insumos previamente suministrados.

• Punto de vista: documentación

Toda documentación utilizada y generada en beneficio del proyecto debe ser referenciada en este punto de vista. Tal es su importancia que cuenta con un rol específico para que uno de los actores se encargue de generar la mayoría de la documentación, apoye a los demás roles que tengan documentación especializada por desarrollar y estructure los documentos producidos como entregables finales (manuales de usuario, informes de avance finales, actas de reuniones, entre otros).

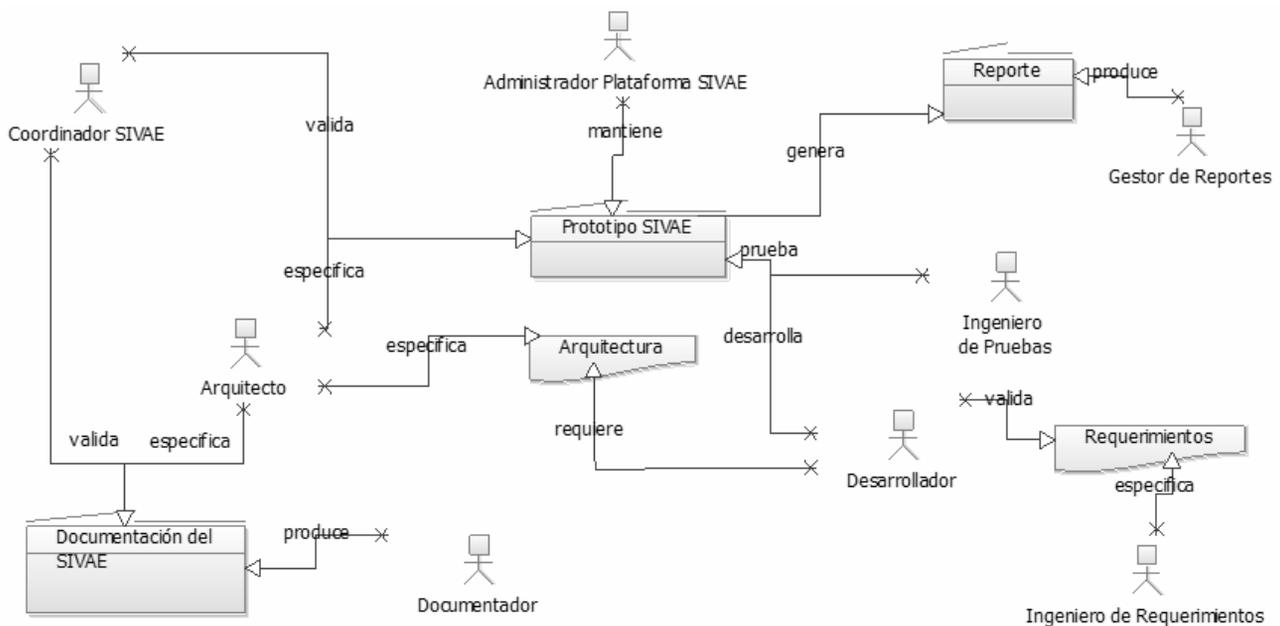


Figura 12. Punto de vista de producción con insumos y entregables. Fuente: elaboración propia.

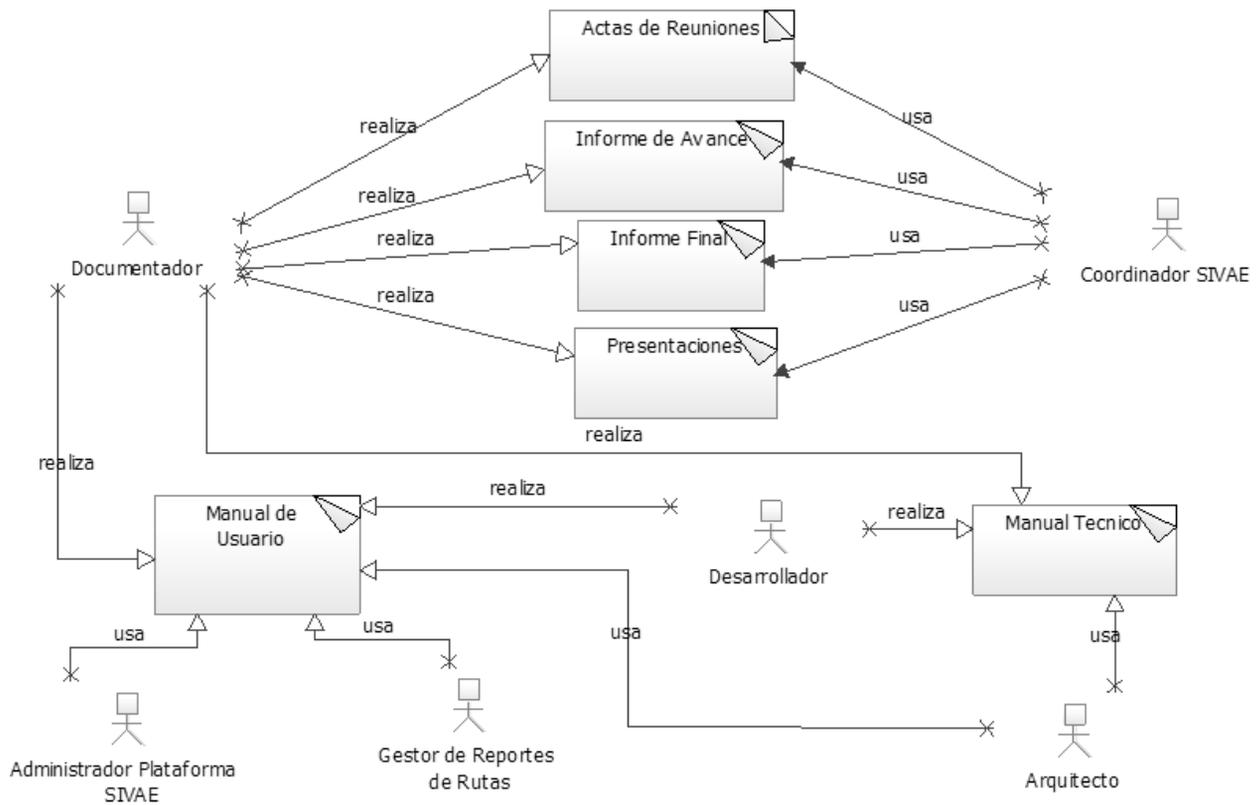


Figura 13. Punto de vista de documentación.
Fuente: elaboración propia.

5.2.2. *Perspectiva de estructuración*

La arquitectura del software es la base indispensable para la definición de esta perspectiva. El punto de vista que se trabajó para el SIVAE fue la de arquitectura, pautas, mapa de ruta de artefactos y de contribución.

- Punto de vista: arquitectura

Ante la metodología de espiral con cascada inmersa en proceso y pruebas surge la necesidad de adaptar las necesidades y requerimientos al desarrollo del SIVAE (figura 17).

En la arquitectura, se encuentra el diagrama de nodos, el cual representa los nodos del SIVAE para su accionar como prototipo de software.

Diagrama de componentes del prototipo: denota los componentes del SIVAE y su mutua dependencia. Estos son el servidor de mapas y el servidor de bases de datos, los cuales contiene la herramienta de Network Analyst como prototipo de aplicación y la generación de reportes.



Figura 14. Diagrama de nodos.
Fuente: elaboración propia.

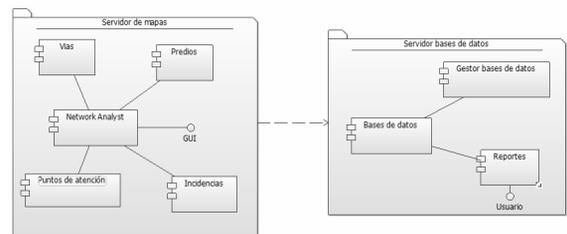


Figura 15. Diagrama de componentes del prototipo.
Fuente: elaboración propia.

- Punto de vista: pautas

En este punto de vista se analizan los pros y los contras tenidos en cuenta para seleccionar la metodología espiral, como la metodología para el desarrollo del SIVAE (figura 15).

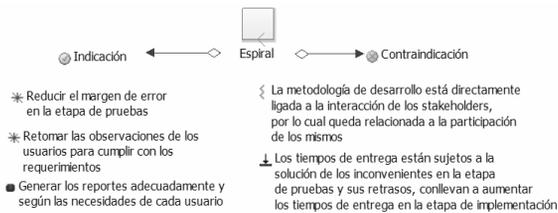


Figura 16. Punto de vista de *pautas*.

Fuente: elaboración propia.

- Punto de vista: mapa de ruta de artefactos

Los requerimientos son el componente principal para la generación de los artefactos. La consecución de la base de datos geográfica y los módulos de consulta, permiten el desarrollo final del prototipo de SIVAE, apoyado en la documentación resultante.

- Punto de vista: mapa de contribución

En el proyecto se identificaron cuatro elementos que intervienen en la óptima consecución de SIVAE, teniendo en cuenta los entregables que emergen de las contribuciones entrelazadas en el desarrollo del proceso de software.

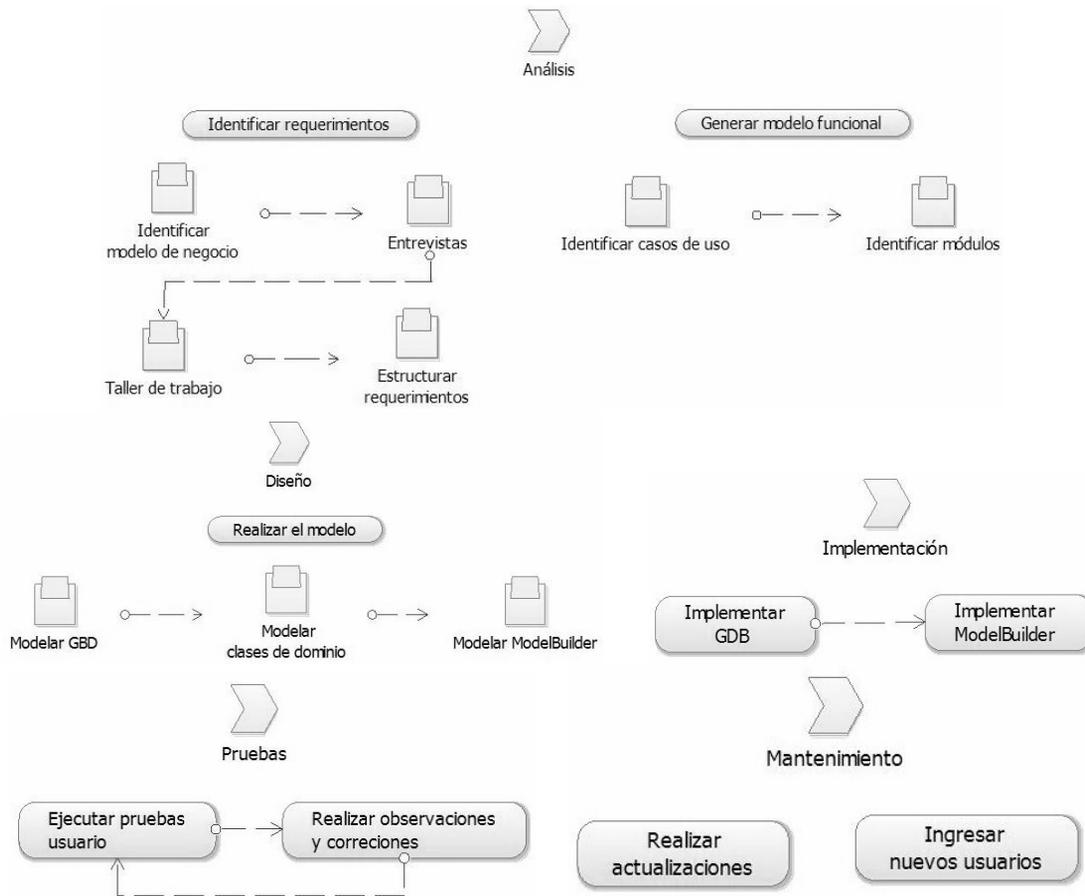


Figura 17. Punto de vista de *arquitectura*.

Fuente: elaboración propia.

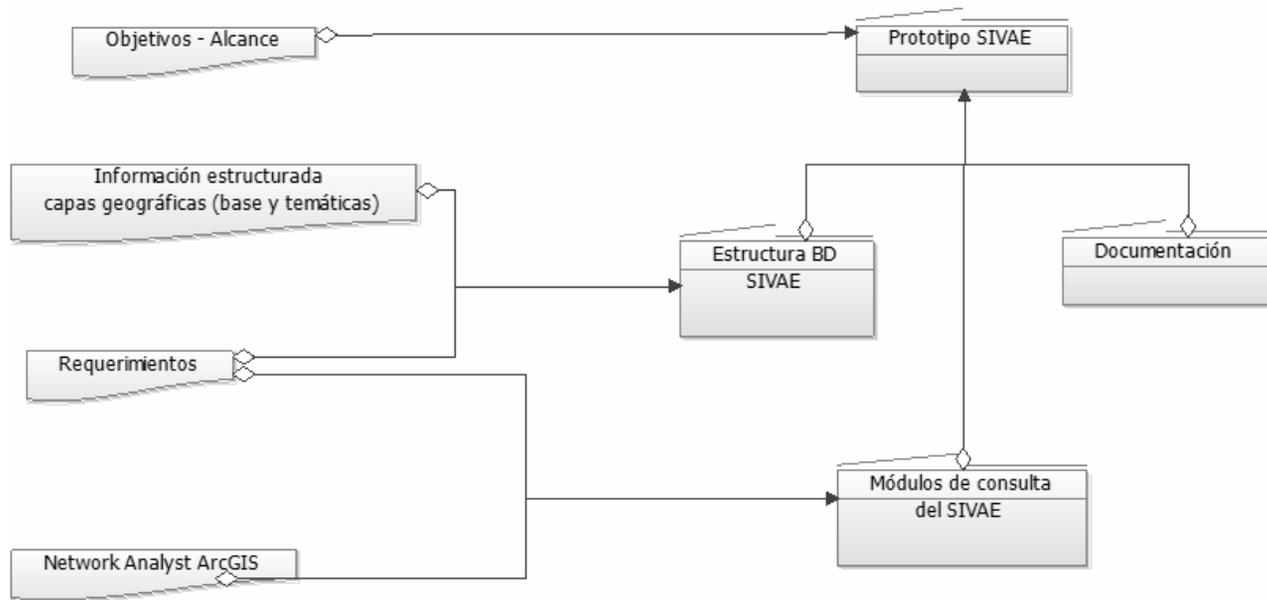


Figura 18. Mapa de ruta de artefactos.
Fuente: elaboración propia.

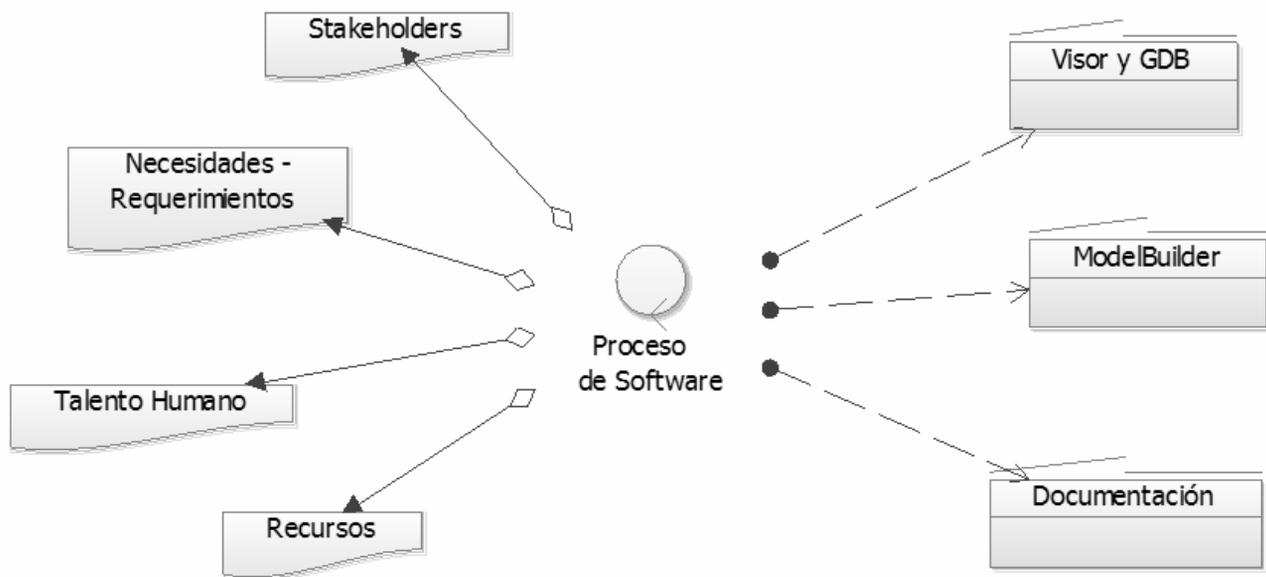


Figura 19. Punto de vista de contribución.
Fuente: elaboración propia.

5.2.3. Perspectiva de innovación

Dentro de esta perspectiva, se contemplan las posibles buenas prácticas que se tengan a lugar el desarrollo del prototipo. Este proceso permite identificar problemas/soluciones y mejoras, enfocadas en el mejoramiento

y evolución de la metodología dispuesta.

- Punto de vista: mejoras

La inclusión de nuevos cambios en la metodología permite optimizar el desarrollo normal del prototipo, donde los cambios están ligados a la correcta identi-

ficación de los requerimientos y al afianzamiento del método en espiral, con la inclusión del proceso de cascada. Es integración de métodos y procesos, sucede en la etapa de pruebas del proyecto.



- ✓ Generar una serie de retroalimentaciones en el levantamiento de requerimientos, ya que algunos pueden ser cambiantes en el tiempo y su funcionalidad puede variar según sea requerido por el usuario final
- ✓ Afianzar el proceso de Cascada dentro de la metodología Espiral, ya que si se implementa correctamente, se puede lograr un dinamismo de pruebas-errores-mejoras en cada etapa del proyecto, optimizando tiempos y recursos en su desarrollo e implementación

Figura 20. Punto de vista de mejoras en el desarrollo del prototipo de SIVAE.

Fuente: elaboración propia.

6. Resultados

6.1. Diagrama de clases

Uno de los resultados en el desarrollo de un prototipo con cualquier metodología de ingeniería de software —en este caso el metaproceso— deriva en la consecución de un diagrama de clases que describe la estructura de los componentes del software o aplicación.

El diagrama de clases resultante denota la consecución de las entidades y atributos que se observan en los reportes generados con las rutas críticas para los usuarios finales del SIVAE. El modelo conceptual que se presenta a continuación, señala las clases integradoras que resumen el proyecto. Inicialmente, la entidad predio toma los atributos correspondientes a ubicar los posibles entes de atención en materia de seguridad (policía), salud (centros de atención de urgencias) e infraestructura (bomberos) desde los cuales se atenderían los incidentes en la localidad de Chapinero.

Para la entidad vías, se toman en cuenta las velocidades promedio de los tramos de vía presentes en la localidad, que permiten calcular las rutas críticas para llegar a los puntos donde se concentra la emergencia. Por último, en la entidad puntos de emergencia, se encuentran los posibles incidentes que deben ser atendidos por los entes de atención de emergencias.

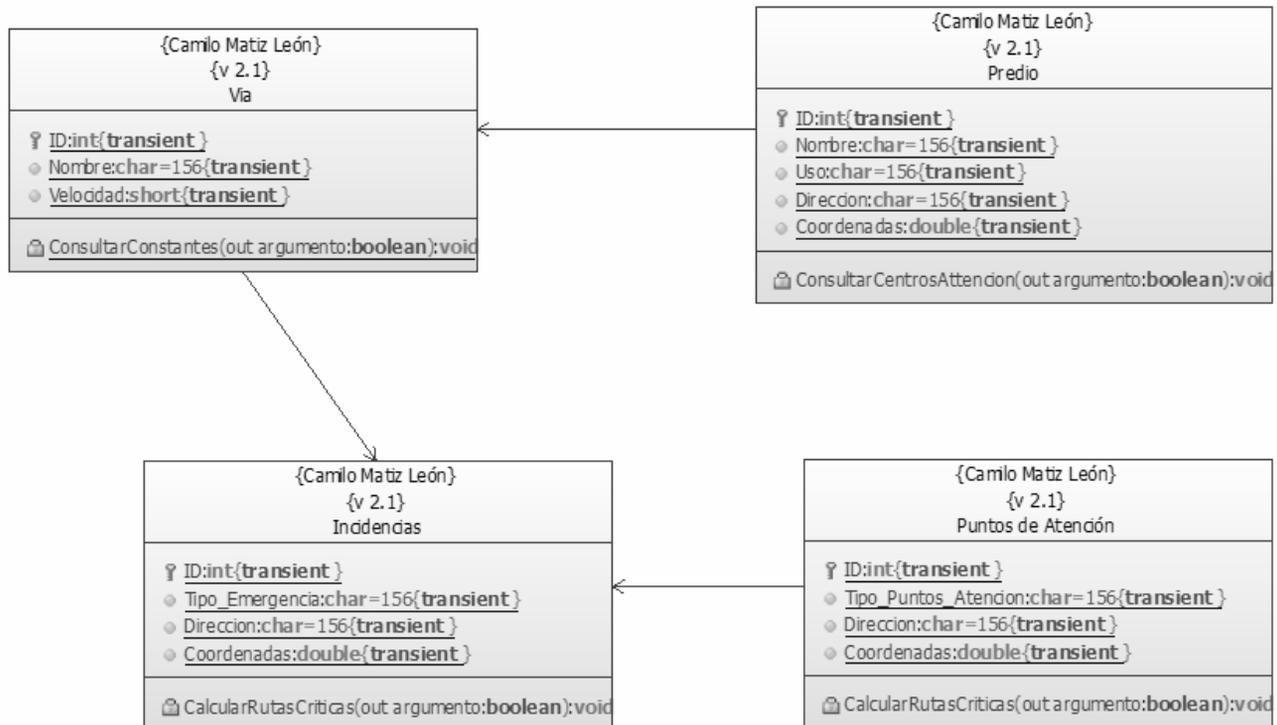


Figura 21. Diagrama de clases del prototipo de SIVAE.

Fuente: elaboración propia.

6.2. Análisis de redes viales

Para los análisis espaciales basados en redes como las vías, los SIG cuentan con herramientas de modelamiento basadas en condiciones abstraídas de la realidad, que permiten de una forma dinámica plasmar las condiciones del entorno y simular el comportamiento de cualquier red. Para SIVAE se tuvieron en cuenta las constantes de tráfico del área delimitada de estudio, con la inclusión de supuestas incidencias que los entes de control deben entender en el menor tiempo posible. El software ArcGIS ofrece una herramienta robusta de análisis espacial para redes conocida como Network Analyst que proporciona los siguientes elementos (ESRI, 2013):

- Encontrar las rutas óptimas de atención
- Identificar rutas críticas
- Localizar los centros de atención más cercanos
- Determinar cuál es la localización más óptima para prestar el servicio de atención
- Definir áreas de servicio basadas en el tiempo estimado de viaje o en la distancia
- Crear una red utilizando los datos que se conocen en el histórico de sitios de atención

Flujo de procesos del Network Analyst Model-Builder es una aplicación de ArcGIS que permite crear, editar y administrar modelos orientados a objetos. Estos

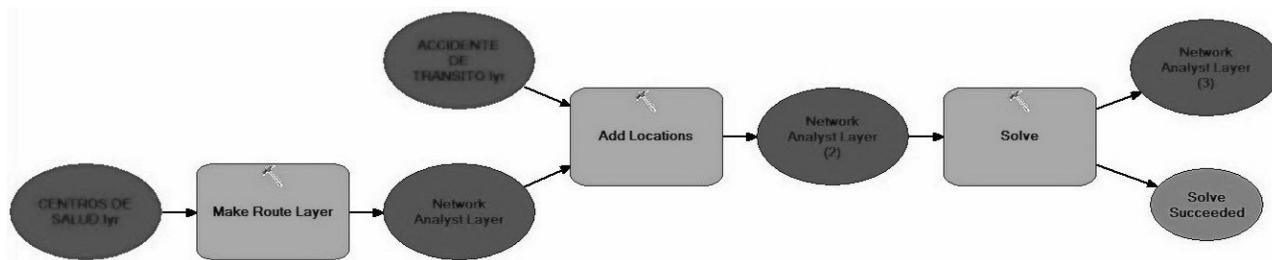


Figura 22. Flujo del proceso de SIVAE en ModelBuilder.

Fuente: elaboración propia.

Referencias

Muñoz, F. (2010). Industria segura, Bogotá protegida, Revista Contacto, 1, pp. 9-11. Universidad de los Andes.

Centre for Chemical Process Safety (CCPS). (1996). Guidelines for Evaluating Process Plant Buildings for External Explosions and Fires. American Institute of Chemical Engineers (AIChE), John Wiley and Sons.

modelos se incorporan como flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocetamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. Así se automatizan procesos. Se considera además un lenguaje de programación visual para crear líneas de trabajo optimizadas con entregables identificados (ESRI, 2013).

La modelización del flujo de procesos del SIVAE se ejemplificó por medio de las herramientas de análisis comprendidas dentro del Network Analyst, pero desagregadas de manera individual e interactuando con las capas de información geolocalizadas y con información relevante.

7. Conclusiones

Al utilizar el metaproceso como una herramienta para la generación de software y/o aplicaciones con información geográfica, específicamente los SIG, se evidencia una compatibilidad de componentes que permiten identificar al LMMPS como un lenguaje sencillo e integrador que optimiza la estructura conceptual y su comprensión hacia la generación de nuevas alternativas en metodología para el desarrollo de software.

El metaproceso ofrece una perspectiva superior para visualizar la totalidad de los componentes del software a desarrollar y provee al usuario de una metodología colmada de buenas prácticas, con numerosos puntos de vista que permiten apreciar las soluciones más adecuadas a los problemas presentados en la ingeniería del software.

Bangash, M. Y. H., & Bangash, T. (2006). Explosion-Resistant Buildings. Berlin: Springer.

Van Geel P. L. B. A. (2005). Methoden voor het bepalen van mogelijke schade (2nd Ed.). The Netherlands Organization of Applied Scientific Research.

Galán S. (2012). Explosión de equipos a presión. Análisis de riesgos y consecuencias. Tesis para optar al título de Ingeniero Naval. España: Universidad Politécnica de Cataluña.

- Krauthammer, J. (2008). *Modern Protective Structures*. USA: Taylor & Francis Group.
- Stewart, M., Netherton, M. & Rosowsky, D. (2006). *Terrorism Risks and Blast Damage to Build Infrastructure*. *Natural Hazards Review*, 7 (3).
- Jarrett D. E. (1968). *Derivation of the British explosives safety distances*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 152.
- Sarria A. (2004). *Investigación no destructiva y cargas extremas en estructuras*. Bogotá: Ediciones Uniandes.

