

La visualización como apoyo al proceso de atención de crisis*

Visualization as a support to the process of crisis attention

PhD. Rafael Andrés González R.**

Luis Felipe Wanumen Silva***

Fecha de recepción: febrero 2014

Fecha de aceptación: marzo 2014

Resumen

El tema central del artículo es analizar la visualización en simuladores de crisis como una alternativa tecnológica para mejorar la capacidad de respuesta a las crisis de tipo fuego. Otras alternativas propuestas en el artículo son mejorar la interoperabilidad entre SIG y sistemas basados en agentes y la incorporación de servicios basados en localización. Sin embargo, estas dos últimas, apoyan la solución al problema de visualización de densidades poblacionales por parte del simulador de crisis. Para llegar a estas conclusiones se parte de un panorama a cerca del proceso de atención de crisis tipo fuego en Colombia, en el que se analizan los principales organismos de atención de crisis y los pasos necesarios para atención de esta. Finalmente, se analiza la posibilidad de implementar un sistema de visualización en los bomberos de Usme usando android el cual implemente tecnologías de localización y GIS.

Palabras clave: atención de emergencias, simuladores, visualización, sistemas de localización.

* Artículo de investigación.

** Docente Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. Contacto: agonzalez@javeriana.edu.co

*** Estudiante Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. Contacto: lwanumen@javeriana.edu.co, lwanumen@udistrital.edu.co

Abstract

This article analyzes the visualization in crisis simulation as a technology alternative to enhance responsiveness to crises fire type. Other alternatives proposed in the article are improving the interoperability between GIS and agent-based systems and the incorporation of location-based services. However, the latter two support the solution to the problem of Visualization of the population densities by the simulator of crisis. To reach these conclusions begins with the process of crisis care kind fire in Colombia, the crisis care lead organizations are analyzed and the steps to care of crisis. Finally, this paper examines the possibility of implementing a visualization system in fire station of Usme using Android to support localization which implements location technologies and GIS..

Keywords: Emergency Management, Simulation, Visualization, tracking systems.

Introducción

El proceso de atención de emergencias no atañe solo al momento cuando esta se presenta, sino que también involucra prepararse para la emergencia, dar respuesta en el momento de presentarse la emergencia, coordinar con otras entidades para lograr llevar efectivamente apoyo a los afectados por la emergencia y finalmente hacer una evaluación de los resultados de la atención de la emergencia. Conocer las fases para atender emergencias y los organismos relacionados con la atención de emergencias son cuestiones importantes que se deben abordar antes de estudiar el papel que juega la visualización como apoyo a un proceso de atención de crisis.

En la primera parte del artículo (sección 2), se analizan los conceptos de crisis, los protocolos para atender crisis, especialmente las de fuego, los organismos para atención de emergencias, tanto los que soportan procesos previos a la atención de emergencias o procesos posteriores para hacer viable que

otros puedan atender la emergencias, como también los organismos que apoyan en campo las labores de atención al momento de presentarse la emergencia. Esta primera parte concluye mostrando el problema que se presenta en la central de bomberos de Usme, el cual está relacionado con la falta de mecanismos de visualización durante la fase de preparación a la emergencia con respecto a la ubicación geográfica de posibles víctimas de crisis a causas de fuego.

En la segunda parte del artículo (sección 3) se estudian las ventajas de inclusión de simuladores para atención de emergencias, teniendo en cuenta que la tecnología desempeña un papel importante en la atención de emergencias y especialmente los simuladores. Considerando la complejidad en la elaboración de simuladores, se analizan algunos problemas que deben ser resueltos para mejorar la construcción de los mismos, entre los que figuran mejoras en la arquitectura, en la interoperabilidad con sistemas web [1], en la interoperabilidad con sistemas distribuidos,

con sistemas de información geográficos y con sistemas de localización. Finalmente, se plantea que el problema de visualización en los simuladores no está resuelto [2] y que son muchos los factores que pueden mejorarse [3], como por ejemplo la incorporación de patrones de movimiento de las personas [4].

En la tercera parte del artículo (sección 4) se analiza la viabilidad de implementar un simulador de visualización en la estación de bomberos de Usme en Bogotá partiendo de las necesidades del cuerpo de bomberos y de las posibilidades que ofrece la tecnología Android para apoyar la entrega de información de localización al sistema de visualización.

Finalmente, en la cuarta parte del artículo (sección 5) se presentan unas conclusiones que motivan a la realización de trabajos futuros tendientes a incorporar este tipo de sistemas de visualización en el cuerpo de bomberos, analizando la posibilidad de añadir un subsistema de visualización a un simulador existente que tan solo carezca de interacción con SIG.

2. Crisis y conceptos

El término crisis hace referencia a la presencia de una situación dificultosa complicada [5] y el término emergencia se refiere a “una situación de peligro o desastre que requiere una acción inmediata” [6]. Según las anteriores definiciones, es posible usar el término emergencia como sinónimo de crisis en el sentido que ambas son situaciones difíciles.

Las situaciones difíciles siempre han estado presentes [7] y han ocasionado un impacto grande en la sociedad a través de los tiempos [8]. Tenemos por ejemplo el caso del accidente de Chernóbil [9] y el caso del terremoto en Japón [10], que tuvieron un impacto ambiental negativo mundialmente, donde se

evidencia que la humanidad no puede evitar ciertas crisis, pero lo que sí puede hacer es mejorar la capacidad de respuesta a estas.

En el ámbito internacional existen varios organismos que, de una u otra forma, velan por la atención e investigación de eventos de crisis en el mundo [11] [12]. Colombia no es la excepción, y por ello es importante conocer los organismos y procedimientos establecidos para atención de crisis. Antes de estudiar el proceso de atención de crisis es importante analizar la naturaleza de las crisis tipo fuego con el fin de aclarar impactos que pueden tener estos incidentes en la sociedad.

2.1 Naturaleza del fuego

Las emergencias tipo fuego son emergencias en donde ha estado presente una cierta temperatura exterior, un combustible y un comburente que generan una reacción química. El comportamiento del fuego se puede simular y son muchas las organizaciones que lo han hecho desde el punto de vista químico y físico [13] [14] [15], incluso algunas tienen sus propios laboratorios para estudiar el fuego, como es el caso de la CFDG (*Climate Fire Dynamics Group*) [16], pero estos estudios no pueden quedarse en el simple fenómeno químico, con lo cual otros organismos internacionales han estudiado el fenómeno desde un punto de vista social y químico en conjunto [17] [18], analizando formas para prevenir y atender su ocurrencia en un contexto dado.

El fuego está asociado a unos procesos físicos [19], es la causa por la cual se hacen estudios de dinámica de combustible [20], es el causante de emisiones de humo [21], tiene un impacto ecológico [22], hace necesario desarrollar estrategias de gestión de combustible [23], cuando llega a los árboles es el causante que muchos de ellos mueran y se propaga

con facilidad en ellos [24], provoca el estudio del comportamiento de dispersión de humo [25], es susceptible de ser modelado su comportamiento [26], es la causa de estudios de escala gruesa de incendios forestales [27], es el causante de simulaciones de vegetación forestal consumidas por fuego [28], causa la aplicación de sistemas de información para estudiar el efecto del fuego [29], es el causante que se modele el avance en la destrucción de árboles consumidos por llamas [30], causa devastaciones de bosques de pino [31], tiene un comportamiento que varía según el tipo de viento que se presente [32], es susceptible de ser modelado matemáticamente [33] y finalmente, es la causa por la cual el ser humano debe pensar en proyectos de planificación y administración de recursos susceptibles de ser consumidos por llamas [34]. Para cada uno de estos aspectos se han construido simuladores que permiten el estudio de estas cuestiones.

Este panorama permite apreciar que la atención y prevención de emergencias por fuego, tiene muchas variables y requiere de un estudio riguroso que involucre componentes sociales y de conocimiento de la naturaleza del fuego. Para comenzar, en un estudio de atención de emergencias por fuego en el caso colombiano es urgente comenzar por reconocer los organismos y procesos establecidos para atención de emergencias.

2.2 Proceso de atención de emergencias en Colombia

La atención de emergencias en Colombia es una responsabilidad que recae sobre distintos organismos estatales [MIJ2010] [35] [MAV2011] [36]. Cada organismo tiene responsabilidades asociadas con la atención de emergencias y entre más elevado sea su rango en la estructura organizacional colombiana,

mayores responsabilidades de coordinación tendrá; entre más bajo se encuentre en la estructura, mayores responsabilidades operativas tendrá. En orden jerárquico, de mayor a menor responsabilidad de coordinación se tienen los siguientes organismos: 1) Presidencia de la República, Ministerio del Interior, Oficina de Prevención de Desastres, Ministros del Despacho, Comandante Fuerzas Militares y Director Policía, Fiscal y Procurador General de la Nación, Medios de Comunicación y Autoridades Territoriales [37].

2.2.1 Tipos de emergencias en Colombia

Para atender emergencias, se busca establecer una serie de pasos llamados protocolos que permiten atender emergencias [38]. El FOPAE (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias) ha publicado una serie de protocolos según el tipo de emergencias [39]. Estos protocolos fueron implementados para establecer la siguiente clasificación: emergencias o incidentes en estructuras colapsadas, en espacios confinados, en accidente aéreo urbano, incidentes con materiales peligrosos, incidentes vehiculares, incidentes por inundaciones, incidentes en zanjas, por derrame o fuga de hidrocarburos, incidentes en Cerros Orientales, con Abejas, en alturas e incidentes por incendios forestales. Donde se puede apreciar que no todas las emergencias son excluyentes y se pueden presentar incendios que estén enmarcados en dos o más categorías.

Básicamente, hay dos organismos que tienen establecidos grandes pasos para atender emergencias. Estos organismos son el FOPAE [40] y el Cuerpo Nacional de Bomberos de Colombia [41]. Estas fases tienen sus semejanzas y para efectos de estudiar los pasos requeridos para atender emergencias, se mencionan los pasos según cada uno de es-

tos organismos y luego se establecen las similitudes para concluir si guardan una relación y si la naturaleza de la atención de crisis por fuego en Colombia tiene unos pasos en común según los principales organismos de atención de crisis.

2.2.2 Fases de coordinación de emergencias por el FOPAE

El proceso de atención de emergencias en Colombia propuesto por el FOPAE tiene las siguientes fases [39]:

Fase 1. Coordinación de preparativos. En esta fase se busca desarrollar políticas y estrategias par capacitar personal, también se desarrollan simulaciones y simulacros de orden local y distrital.

Fase 2. Coordinación de respuesta y aglomeraciones. En esta fase se busca dar respuesta oportuna a las situaciones de emergencia. Fase 3. Coordinación logística. En esta fase se busca gestionar los suministros y la distribución de componentes necesarios para atender emergencias.

Fase 4. Coordinación de asistencia técnica. En esta fase se busca hacer una evaluación cualitativa de los riesgos, así como también hacer visitas para establecer recomendaciones en caso de presentarse emergencias en determinados sitios.

2.2.3 Metodología usada por el cuerpo oficial de Bomberos de Bogotá D.C.

La metodología usada por el Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá se basa en el Ciclo PHVA [41]. El ciclo PHVA es una herramienta de mejora continua en los procesos organizacionales que busca lograr alta calidad organizacional. Los pasos del ciclo PHVA

son: planificar (Plan), hacer (Do), verificar (Check) y actuar (Act).

2.2.4 Análisis de las metodologías del FOPAE y del Cuerpo Oficial de Bomberos

Observando las metodologías usadas tanto por el FOPAE como por el Cuerpo Oficial de Bomberos se evidencia que no existen unos pasos estándares, pero a pesar de ello, se puede realizar un mapeo entre los procesos realizados por el FOPAE y los procesos realizados por el Cuerpo Oficial de Bomberos, tal como muestra la tabla 1.

Tabla 1. Proceso de atención de emergencias tipo fuego en Colombia

Pasos FOPAE	Pasos Cuerpo Oficial de Bomberos	Similitudes
Fase 1. Coordinación de preparativos	Planificar	Se realizan procesos de gestión, administración e investigación tendientes a que el personal de atención a la emergencia tenga la mayor idoneidad para atender crisis.
Fase 2. Coordinación de respuesta y aglomeraciones	Hacer	Es el proceso de atención de la emergencia en el momento de ocurrencia de la crisis.
Fase 3. Coordinación logística	Verificar	Se involucran muchas acciones para conseguir relaciones con otras entidades, así como la verificación que estas relaciones sean provechosas en un momento de atención de crisis.
Fase 4. Coordinación de asistencia técnica	Actuar	Tiene un fuerte componente de evaluación de lo acontecido y de aprender de los errores.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 1, se ve que existen cuestiones similares en la atención de emergencias que deben ser tenidas en cuenta en momentos de ocurrencia de este tipo de crisis. También se observa que el proceso de prepararse para

una emergencia es común en los organismos de atención de emergencias tipo fuego más relevantes en Colombia.

2.2.4 Tipos de emergencias causadas por fuego

Ahora bien, para el tipo de emergencias causadas por fuego existe una clasificación hecha por la NFPA (National Fire Protection Association) [42] [43], la cual ha sido usada por los bomberos de Colombia. En donde se tienen establecidos los siguientes tipos de incidentes por fuego: incendios forestales [44], en medios de transporte [45], causados por terrorismo [46], en empresas de comunicaciones [47], en bodegas [48], en ambientes residenciales [49], en moteles [50] [51], en zonas mercantiles [52], en zonas cercanas al mar [53], en edificios de gran altura [54], en instituciones de salud [55], por fuegos artificiales [56], en situaciones de terremotos [57], en dormitorios [58], en establecimientos de negocios [59] y en centros de amparo [60]. Todos estos tipos de emergencias no son excluyentes y se pueden presentar emergencias por fuego que estén enmarcadas en más de un tipo de las anteriores, esto se debe a que es simplemente una clasificación que intenta mostrar que no todos los incendios son iguales, es más, se puede decir que ningún incendio es similar a otro en cuanto a condiciones, impacto y forma de atención.

Por lo anterior, se ve la necesidad de comprender el proceso que se debe seguir en la atención de emergencias por fuego en Colombia y conocer los principales organismos especializados en este tipo de situaciones que están involucrados en el proceso de atención de emergencias.

2.3 Organismos de atención de emergencias por fuego en Colombia

Partiendo del hecho que todas las emergencias por fuego no son iguales y que el pro-

ceso de atención de emergencias no inicia cuando se presenta la emergencia, como se mostraba en la sección 2.2.2, existen fases, como la preparación, que se deben ejecutar antes de la ocurrencia de una crisis. Se pueden clasificar los diversos organismos entre aquellos que intervienen directamente en la emergencia cuando se presenta y en los que están involucrados en otras fases del proceso de atención de emergencias.

2.3.1 Organismos y sistemas de soporte a emergencias tipo fuego

En Colombia se cuenta con organismos como el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) [61] y el Ideam (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) [62] que apoyan el proceso de atención de emergencias, entregando información valiosa para que los organismos de atención durante la emergencia puedan ejercer su labor de la mejor manera.

El IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) además de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia, adelanta investigaciones geográficas como apoyo al desarrollo territorial y, entre estas investigaciones, se hacen estudios sobre diversos tipos de emergencias que son susceptibles de ocurrir en el territorio colombiano [61]. Ante una situación de crisis, el IGAC puede aportar información valiosa geográfica y cartográfica que permita tomar decisiones destinadas a atender la emergencia.

El IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) es un establecimiento público adscrito al Ministerio del Medio Ambiente que vela por el levantamiento y manejo de información científica y técnica sobre los ecosistemas que hacen parte del patrimonio ambiental del país, así como por el establecimiento de bases técnicas para clasificar y zonificar el uso del territorio na-

cional para los fines de la planificación y el ordenamiento del territorio [62].

El Sigpad es el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en Colombia que contiene información importante para lograr la prevención de desastres. En caso de presentarse un desastre nacional el Sigpad coordina las acciones para responder a estas emergencias [63].

El Fondo Nacional de Calamidades es un fondo que cuenta con capital que se entrega a las personas que están siendo afectadas por emergencias [64].

El Sina (Sistema Nacional Ambiental) es un sistema de normas e instituciones que velan por la conservación del medio ambiente, siendo las crisis de fuego un problema que afecta negativamente la conservación del medio ambiente [65]. El Sina está conformado por las siguientes entidades públicas:

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT)
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) [66]
- Corporaciones autónomas regionales (CAR) [67]
- Corporaciones de desarrollo sostenible (CDS)
- Autoridades ambientales urbanas (AAU)

2.3.2 Organismos que atienden la crisis

En Colombia también se creó un organismo para atención de crisis por fuego. Esto se hizo mediante la ley 322 de 1996 que crea el Sistema Nacional de Bomberos de Colombia [68].

La Cruz Roja Colombiana es una entidad privada sin ánimo de lucro de carácter voluntario y de utilidad común, es el nombre con el que se conoce al movimiento internacional de la Cruz Roja y de la Medialuna Roja.

Es un movimiento humanitario mundial de características particulares y única en su género por su relación particular en base a convenios internacionales con los estados y organizaciones internacionales por un fin netamente humanitario [69].

La *United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs* es una oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios. Encargada de movilizar y coordinar una respuesta humanitaria efectiva en el marco de los principios humanitarios en colaboración con actores nacionales e internacionales, mediante la ejecución de tareas de coordinación, gestión de información y movilización de recursos [70].

2.4 Problemas en el cuerpo de Bomberos para atención de emergencias

Uno de los problemas detectados en el Cuerpo de Bomberos colombiano y específicamente en el cuerpo de Bomberos de la Localidad de Usme en Bogotá, es que no se cuentan con mecanismos de visualización temprana que le permitan al mencionado cuerpo, tener una idea de los sitios que tienen la mayor cantidad de densidad poblacional. Esta es una cuestión importante que se debe monitorear constantemente con el fin de tener una idea de qué sitios son más vulnerables a crisis a causa de su alta densidad poblacional. Es interesante observar que estas densidades cambian debido a que las personas están en constante movimiento y por ello se hace necesario contar con mecanismos que permitan, en forma gráfica, visualizar esta información.

El estudio de métodos de visualización aplicados a entornos como la biología [71] [72] [73] [74], ha aportado a la solución de problemas en esta área. La idea es estudiar el impacto

de la visualización en la fase de coordinación de preparativos en emergencias provocadas por fuego. La razón de elegir la primera fase, radica en el hecho que buena parte del éxito en la atención de emergencias depende de la calidad de la información con que se cuente en etapas tempranas [75], finalmente, la razón de elegir el tipo de emergencias causadas por fuego es que, este tipo de emergencias, pueden llegar a extenderse de una manera descontrolada si no se actúa a tiempo, causando daños físicos a las personas [46].

En la actualidad, el cuerpo de Bomberos de Usme no cuenta con un sistema que les permita visualizar, en términos de densidad poblacional, zonas de mayor concentración en tiempo real. Esto hace que las decisiones que se tomen, en el caso de ocurrir una emergencia por fuego, sean decisiones alejadas de la realidad por lo menos en cuanto a densidad poblacional se refiere.

Conocer la densidad poblacional ayuda a detectar zonas con mayor afluencia de personas en un momento dado y si esto se conoce antes de una emergencia se puede atender con mayor precisión la emergencia y predecir, justo al inicio de una atención de emergencias, las zonas con mayor vulnerabilidades en caso de fuego. La visualización apoya el proceso de localización [76] y esta localización es útil para encontrar físicamente a las personas afectadas por la emergencia de fuego y brindarles una rápida atención. Todo esto, basado en la información que se tenía en la fase de preparación de la emergencia.

3. Las simulaciones en el contexto de crisis

Existen simuladores para estudiar el comportamiento del fuego desde el punto de vista físico-químico [77] [78] [79] y simuladores para planeación de atenciones de crisis por

fuego. El interés de este artículo es analizar el impacto de los últimos.

Para el desarrollo de simuladores útiles en la fase de planeación de emergencias por fuego se requiere integración de estos con SIG [80] [81]. De otra parte, la integración de los simuladores con SIG es útil cuando se quiere atacar problemas de simulación que involucren manejo de información espacial [82]. A pesar que su integración con SIG es compleja [83], el número de aplicaciones de SIG basadas en sistemas multiagente para simular crisis tiene una tendencia creciente [84].

Los simuladores cubren necesidades de visualización en dominios específicos, por ello, según el tipo de crisis, se debe elegir entre una serie de sistemas de visualización el que mejor se adapte a las restricciones específicas de la crisis estudiada. El problema es que seleccionar una herramienta que se amolde al dominio específico no es fácil [85], con lo cual, la tendencia es desarrollar sistemas de visualización a la medida dependiendo de las necesidades que plantea el dominio específico.

3.1 Variables que afectan la visualización de los simuladores

Producto de analizar varios artículos sobre simuladores de crisis, se estableció la siguiente lista de variables que han sido implementadas en diversos simuladores y que afectan la forma como estos visualizan la información.

Tabla 2. Variables que afecta la visualización de los simuladores

Variable	Justificación
Uso de mapas interactivos [84].	Permiten obtener en tiempo real información visual sobre ubicación de personas. Dan dinamismo a la simulación.

Variable	Justificación
Integración de simuladores con datos geo-espaciales [84].	Permiten obtener condiciones topográficas para mejorar la visualización geoespacial.
Presencia de subsistema de visualización [76].	Apoya el proceso de localización y permite mayor usabilidad del simulador de crisis.
Uso de agentes situados [80].	Permiten que la visualización sea más precisa y permiten que la visualización esté más sintonizada con la realidad.
Integración entre sistemas de información geográficos y sistemas basados en agentes [86] [81].	Mejoran el rendimiento y tiempos de respuesta visual del simulador. Son una tendencia de los simuladores de crisis
Utilización de visualización espacio temporal [87].	Permite al usuario del simulador detectar en forma visual rápidamente zonas de mayor tráfico.
Visualización de ubicación de varios agentes [88].	Detectar la coherencia entre los agentes.
Uso de LBS (Location Based Service) en simuladores [89].	Permiten corregir desviaciones del sistema con la realidad y permiten que la visualización sea alimentada con la realidad.
Uso de técnicas de densidad poblacional [90] [91].	Permite al usuario del simulador detectar en forma visual rápidamente zonas de mayor riesgo y tráfico ante una crisis [92].
Ubicación de usuarios en entorno 3D [93].	Maximizan la experiencia de usabilidad del simulador por parte del usuario.
Uso de técnicas y modelos de interoperabilidad [94].	Los modelos de interoperabilidad mejoran la escalabilidad del sistema [95] y hacen que la presentación de datos sea independiente de la fuente donde se obtienen los datos [96].
Uso de simuladores basados en agentes en la atención de crisis con módulos de visualización [97] [98] [99] [100] [101] [102] [103].	Han producido simulaciones en las que los agentes se grafican, pero podría haberse mejorado la parte visual del sistema con la utilización de mapas geográficos reales.
Inclusión de análisis visual basada en puntos de vista espacio-temporal [104].	Permiten a los agentes resolver problemas de coordinación y ubicación y por tanto la visualización se mejora.
Inclusión de técnicas de geo-análisis [104].	Mejoran la visualización [105]. Requieren la construcción de geoagentes [106]. De otra parte, al enlazar tecnologías de geocalización con SIG se abren nuevas perspectivas para el análisis y visualización de datos [107]

Variable	Justificación
Inclusión de patrones espacio-temporales [108].	Mejoran la visualización.
Uso de visualización interactiva con técnica basada en espirales [108].	Mejoran la visualización.
Representación de datos espacio-temporales por medio de cubos [109] [110].	Mejoran la visualización y la posibilidad de navegar gráficamente a mayor detalle o a mayor generalidad.
Uso visualización cartográfica [111].	Mejoran la visualización.

Fuente: elaboración propia.

Estas variables se pueden agrupar en estrategias que permitan atacar y solucionar el problema de una o varias variables con el fin de obtener un marco teórico sobre los aspectos más relevantes que deben mejorarse en los simuladores para mejorar en conjunto la visualización de estos.

3.2 Detección de estrategias a partir de variables detectadas

Antes de proponer una mejora, es necesario observar que las variables anteriormente detectadas guardan una relación unas con otras. Es evidente que una estrategia puede afectar varias variables, aunque no todas. Se haría necesario entonces, plantear un número suficiente de estrategias de mejora que afecten a la totalidad de las variables detectadas y, adicionalmente, se hace necesario plantear qué mejoras en la visualización de los sistemas de crisis se pueden realizar.

Las estrategias propuestas son: 1) mejorar la visualización de los simuladores, 2) mejorar la localización de los agentes en el simulador y 3) mejorar la interoperabilidad entre SIG con simuladores. Cada una de estas propuestas se relacionan con una o varias variables detectadas anteriormente. La tabla 3, muestra la relación entre estas estrategias y dichas variables.

Tabla 3. Estrategias propuestas y su relación con las variables detectadas

	Visualización	Interoperabilidad entre SIG SBA	Incorporar servicios basados en localización
1. Uso de mapas interactivos	X		
2. Presencia de subsistema de visualización [76]	X		
3. Utilización de visualización espacio temporal [87]	X		
4. Visualización de ubicación de varios agentes [88]	X		
5. Uso de técnicas de densidad poblacional [90]	X		
6. Ubicación de usuarios en entorno 3D [93]	X		
7. Inclusión de análisis visual basada en puntos de vista espacio-temporal [104]	X		
8. Uso de visualización interactiva con técnica basada en espirales [108]	X		
9. Representación de datos espacio-temporales por medio de cubos [109] [110]	X		
10. Uso visualización cartográfica [111]	X		
11. Uso de simuladores basados en agentes en la atención de crisis con módulos de visualización [97] [98] [99] [100] [101] [102] [103].	X	X	
12. Integración de simuladores con datos geoespaciales [84].		X	
13. Integración entre sistemas de información geográficos y sistemas basados en agentes [86] [81].		X	
14. Uso de técnicas y modelos de interoperabilidad [94].		X	
15. Inclusión de técnicas de geo-análisis [104]		X	
16. Inclusión de patrones espacio-temporales [108]		X	
17. Uso de agentes situados [80]			X
18. Uso de LBS (Location Based Service) en simuladores [89]			X

Fuente: elaboración propia.

La tabla 3 muestra que las variables 1 a 11 afectan directamente el problema de la visualización, que las variables 11 a 16 afectan el problema de interoperabilidad y que las variables 17 a 18 afectan el problema de incorporación de servicios basados en localización. Teniendo esta información estructurada, como se mostró en la tabla 3, se puede establecer una descripción de estrategias en donde cada estrategia corresponde con una de las tres últimas columnas de la tabla III y la descripción de las mismas se hace basado en las filas en donde hay cruce entre estrategias y variables.

3.3 Estrategias para mejorar los simuladores actuales

Basados en la tabla 3 y teniendo en cuenta que los servicios basados en localización pueden aportar al avance del tráfico [92] y la cartografía, ya que permiten desarrollar aplicaciones de control integrando GPS con otros sistemas de posicionamiento [89], se plantean las siguientes estrategias para mejorar los simuladores actuales.

3.3.1 Mejorar la visualización de los simuladores

Partiendo del hecho que la visualización adecuada puede reducir significativamente el esfuerzo dedicado a la comprensión y mantenimiento del sistema [112], se plantea la estrategia de que mejorar la visualización de los simuladores puede lograrse de distintas maneras. La primera, haciendo un análisis basado en puntos de vista espacio-temporal que permita a los agentes ponerse de acuerdo en sus posiciones e informar al sistema visualizador una posición consensuada con respecto a la opinión del resto de agentes. La segunda, usando la técnica basada en espirales donde los agentes conozcan las posiciones de los otros agentes y, basados en ellas, definan la posición de estos. Se podrían usar otras

técnicas, pero la cuestión es conocer que existen múltiples técnicas que pueden ser usadas para mejorar la visualización de los simuladores, incluso algunas técnicas no son excluyentes y se debe hacer un estudio riguroso para lograr detectar otras posibilidades.

Un trabajo futuro es analizar las ventajas de cada una de las formas para mejorar la visualización de los simuladores con respecto a las necesidades tecnológicas y sociales de los bomberos de la localidad de Usme en Bogotá. Dependiendo de las necesidades de consulta de datos, es probable que se decida en esta estrategia realizar representaciones de datos espacio-temporales por medio de cubos o que simplemente se utilicen métodos de visualización cartográficos genéricos.

Una oportunidad que se tiene para realizar un proyecto de visualización es aprovechar el desarrollo de simulación de crisis denominado "A framework for Ict-supported coordination in crisis response", desarrollado por el profesor Rafael González [99], en el que se hace especial énfasis en la coordinación de los diversos agentes profesionales cuando se presenta una crisis. En este simulador, se ha solucionado el problema de la coordinación de una manera ingeniosa, pero puede potenciarse aún más esta coordinación si se añade un subsistema de visualización que permita a los agentes del simulador coordinarse, apoyándose adicionalmente en las respuestas que genere el subsistema de visualización.

3.3.2 Mejorar la localización de los agentes en el simulador

El desarrollo de los servicios basados en localización ha aportado al avance de tráfico y la cartografía, permitiendo desarrollar aplicaciones de control de vehículos por medio de GPS u otros sistemas de posicionamiento [89], estos sistemas pueden incorporarse

en los simuladores de crisis para potenciar el desarrollo de estos.

La estrategia de mejorar la localización de los agentes en el simulador tiene un alto impacto sobre la visualización de la simulación. La razón es que, si se usan agentes situados en un simulador de crisis que puedan obtener coordenadas de ubicación basados en servicios de localización, estas coordenadas pueden ser informadas al subsistema visualizador y, de esta manera, mejorar la visualización del simulador.

Es importante notar que, usando dispositivos móviles que informen posiciones a un simulador, se pueden hacer análisis de geovisualización para detectar patrones de movilidad humana [107], los cuales pueden ser usados por los bomberos de la localidad de Usme para tomar decisiones basados en estos patrones de movilidad.

3.3.3 Mejorar la interoperabilidad entre SIG con simuladores

La estrategia de mejora en la interoperabilidad entre SIG y simuladores es fundamental para que el comportamiento de la simulación sea geoespacial. La arquitectura de interoperabilidad del sistema permitirá incorporar patrones espacio-temporales que ayudarían notoriamente a mejorar la visualización espacial de los agentes y a obtener la ubicación de los agentes basados en servicios de localización espacial.

4. El reto: implementación de sistema de visualización en una entidad de atención de emergencias

Una vez se halla desarrollado un simulador que tenga la suficiente interacción con sistemas de información geográfica y que permita a una entidad de atención de emergencias

la posibilidad de visualizar gráficamente la ubicación de personas vulnerables, antes de una crisis en la fase de planificación, se tiene la posibilidad de implementar este sistema de visualización en un entorno real, de tal suerte que se genere un impacto positivo en una comunidad específica para el caso de atención de emergencias tipo fuego. La posible entidad que sería beneficiaria de este simulador de visualización de personas vulnerables es la estación de Bomberos de Usme, con lo cual, se requiere conocer un poco más sobre esta entidad con el fin de verificar su viabilidad organizacional para el uso del simulador propuesto. Por otro lado, es importante analizar las tecnologías existentes para vislumbrar si la realización de este tipo de simuladores es viable con respecto a las tecnologías disponibles en la actualidad.

4.1 Caracterización de la entidad usuaria del simulador

La Uaecobb (Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial Bomberos Bogotá) está conformada por dos unidades de nivel estratégico que son: la oficina asesora de planeación de la Uaecobb y la oficina asesora jurídica de la Uaecobb. A nivel táctico hay tres unidades: la subdirección operativa, la subdirección de gestión del riesgo y la subdirección de gestión corporativa. En la figura 1, se muestra el organigrama de la Uaecobb.

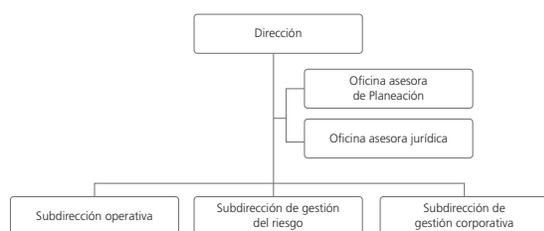


Figura 1. Organigrama de la UAECOBB (Unidad administrativa especial Cuerpo Oficial Bomberos Bogotá)

Fuente: tomada de [113].

En detalle, las subdirecciones expuestas en la figura 1 desarrollan los siguientes procesos misionales: la Oficina Asesora de Planeación se encarga de la programación, seguimiento y evaluación a la gestión y a la inversión [114], la Subdirección Operativa Unidad Administrativa Especial Cuerpo de Bomberos de Bogotá tiene a cargo la respuesta oportuna y segura a las emergencias [115], la Subdirección de Gestión del Riesgo es una unidad que tiene a cargo la gestión integral del riesgo contra incendio y emergencias conexas, lo cual implica realizar el análisis, generar conocimiento, estrategias y acciones de reducción de riesgo [116] y, finalmente, la Subdirección de Gestión Corporativa concentra la gestión financiera –presupuesto, contabilidad y giros– y la gestión del talento humano –bienestar, capacitación, nómina, desarrollo organizacional– [117].

Dada las actividades misionales que desarrollan cada una de las anteriores subdirecciones de la UAECOBB, se tiene que la Subdirección de Gestión del Riesgo es una directa interesada en el desarrollo de simuladores que permitan visualizar personas vulnerables en situaciones de crisis. Por otra parte, específicamente la estación de Bomberos de Usme tiene proyectadas para este año un aumento en su infraestructura y existen recursos para aumentar la parte tecnológica, en donde se incluyen recursos tecnológicos [118], lo cual sería una coyuntura importante para la incorporación del desarrollo de simuladores útiles a esta entidad.

4.2 Viabilidad tecnológica para realizar el desarrollo propuesto

La tecnología actual de los dispositivos móviles permite el desarrollo de aplicaciones que informen su ubicación. Se tiene el caso de la tecnología Android, que permite aprovechar

la capacidad de una serie de dispositivos que informen su ubicación con tecnología GPS, para desarrollar aplicaciones que constantemente estén informando dicha ubicación [119]. Este tipo de aplicaciones se pueden simular en un entorno de desarrollo libre denominado Android Software Development Kit, que se puede descargar libremente del sitio de Google y que permite, sin tener los dispositivos móviles, simular cómo se verá la aplicación en los diversos dispositivos [120]. Esto es una ventaja por cuanto se puede observar cómo se ejecutarán las aplicaciones en los dispositivos móviles sin tener que adquirir todos los dispositivos en la fase de desarrollo del sistema.

Además, el sistema Android permite integrar mapas con las aplicaciones móviles. Para ello, basta con usar al API de Google Maps. Con esta tecnología se pueden desarrollar aplicaciones que muestren la ubicación actual, incluso a otros dispositivos móviles. Los usuarios desarrolladores de Android podrán hacer aplicaciones de cálculo de distancias de un sitio con respecto a su ubicación actual o aplicaciones para localizar, de una serie de sitios preestablecidos, el que más cerca se encuentre con respecto a la ubicación actual de un dispositivo [120].

Esto es una ventaja que permite a los niños informar su posición cada cierto tiempo y, cuando no lo informen, basado en el comportamiento de sus anteriores ubicaciones, se podría hacer un estimado del sitio donde estaría ubicado, esto para el caso de las personas que no tengan GPS.

A pesar que el sistema operativo restringe el acceso a muchas funciones de una aplicación Android por defecto, se puede lograr que una aplicación pueda tener acceso a funcionalidades de hardware del dispositivo, agregando dichos permisos al manifiesto de la

aplicación Android. Entre los permisos que se pueden modificar, se tienen los permisos de acceso a Internet, los permisos para acceder a servicios de localización (Access Fine Location) y los permisos para acceder a los estados del dispositivo móvil (Read Phone State) [119]. Esto es una ventaja que da la certeza de tener problemas en cuanto a permisos de las aplicaciones intentando usar el hardware de GPS del dispositivo móvil.

5. Conclusiones y trabajos futuros

Para comprender el proceso de atención de crisis, se hace necesario estudiar los protocolos que especifican dicha atención. La construcción de simuladores para atención de crisis debe ser específica siguiendo un determinado protocolo, debido a que cada uno tiene sus variantes y es complejo construir un simuladores que englobe una gran cantidad de protocolos.

De una u otra forma, la mayoría de estrategias propuestas para mejorar la arquitectura de un simulador afectan directamente la forma como este visualiza la información. Partiendo del hecho que hay una gran brecha entre los aspectos deseados en las herramientas de visualización con respecto a las características actuales de las mismas [112], se requiere profundizar en el tema de mejorar la visualización de los diversos sistemas y, concretamente, de los sistemas simuladores de crisis.

Mejorar la interoperabilidad entre SIG y simuladores, así como la forma en que se informa al simulador de crisis la ubicación real de las personas, son dos estrategias que en realidad ayudan a mejorar la visualización de un simulador de crisis. Por cuanto, la interacción con SIG permite visualizar, en un mapa geográfico, la ubicación de las personas y la

interacción con sistemas de localización permite que estas ubicaciones sean reales.

Si se cuenta con un simulador de crisis como "A framework for Ict-supported coordination in crisis response" [99] es factible mejorar la visualización del mismo mejorando la interacción de este con un SIG y añadiendo soporte con sistemas de localización, de tal suerte que en un futuro cercano pueda ser usado por la central de Bomberos de Usme, entidad encargada de tomar las decisiones de planeación de atención de emergencias causadas por fuego en la misma localidad.

Añadir un servicio basado en localización al Framework de Crisis ICT [99] mejoraría notablemente la forma como este simulador visualizaría la información geográfica. Esto se debe a que el simulador podría interactuar con información real de localización para que la visualización sea más centrada en la realidad.

Mejorar la interfaz gráfica y el subsistema de visualización del Framework ICT, tendría repercusiones positivas sobre la forma como los agentes del simulador resuelven los conflictos dados por la ubicación entre ellos y las nociones de cercanía.

Sin embargo, a pesar de todas estas mejoras propuestas y de los innumerables estudios realizados sobre las herramientas de visualización [112], es probable que continúen los problemas en los simuladores de crisis y que deban ser resueltos en trabajos futuros con respecto al tema de visualización.

Una importante conclusión del presente artículo, es la viabilidad técnica que se tiene para desarrollar simuladores de visualización de crisis que permitan mostrar visualmente la ubicación de las personas basados en un sistema de localización. Incluso si no se cuenta con dispositivos con GPS, se po-

drían plantear soluciones de localización basados en información que ingresa el usuario del dispositivo móvil y que podría ser usada para estimar su posición cuando no esté informando su posición basado en el comportamiento de sus anteriores movimientos.

Finalmente, se puede concluir que la estación de Bomberos de Usme tiene una gran expectativa con este tipo de simuladores y dada su naturaleza y su misión estratégica, la construcción y posterior implementación de estos simuladores que permitan visualización será algo que apoye las labores de atención de emergencias de esta entidad y mejore los procesos de atención, así como los procesos de toma de decisiones antes de la emergencia por fuego.

Agradecimientos

A la profesora PhD. Ing Alexandra Pomares Qimbaya por sus valiosos y constantes aportes. Agradecimientos a la Universidad Distrital por haberme dado la oportunidad de estudiar en la Universidad Javeriana y a ésta última por darme los conocimientos para la realización del artículo.

Referencias

- [1] H. Yawen, S. Fenzhen, D. Yunyan, X. Rulin, *Web-based visualization of marine environment data*, *Geoinformatics*, in 18th International Conference, pp. 1 - 6, 2010
- [2] X. Shenghua, L. Jiping, W. Yong, Z. Fuhao, F. Rongshuang, *Perceptualization of biomedical data. Visualization of 3D moving geographic objects based on terrain matching*, *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing*, in International Conference, pp. 605-610, 2008.
- [3] S. Thakur, A. J. Hanson, *A 3D Visualization of Multiple Time Series on Maps*, In-

- formation Visualisation (IV), in 14th International Conference, pp. 336 - 343, 2010.
- [4] D. Guo, J. Chen, A. M. MacEachren, K. Liao, "A Visualization System for Space-Time and Multivariate Patterns (VIS-STAMP)", *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions*, 2006, Vol. 12. pp. 1461-1474. 2006.
- [5] Real Academia Española, *Definición de Crisis*. Acceso: 15 de mayo de 2011. Disponible en http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=crisis.
- [6] Real Academia Española, *Definición de Emergencia*. Acceso el 15 de mayo de 2011. Disponible en http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=emergencia.
- [7] United States Department of Commerce, *National Oceanic and Atmospheric Administration*, Message pacific. Acceso: 11 de marzo de 2011. Disponible en <http://ptwc.weather.gov/ptwc/?region=1&id=pacific.2011.04.11.082555>
- [8] C. A. Cardona Parra, *Observatorio Sismológico del Suroccidente Colombiano de la Universidad del Valle*, "Violento terremoto se presentó en Japón", Acceso: 11 de marzo de 2011. Disponible en <http://osso.univalle.edu.co>
- [9] O. Leshchenko, S. Saling, A. Rogers, Y. Zelenko, V. Khilkevich, V. Zotikova, *The United Nations and Tchernobyl. A unified message of hope for Tchernobyl-affected communities*. Acceso: abril 5 de 2011. Disponible en <http://chernobyl.undp.org/english/>
- [10] T. Watkins, *Falla el tercer reactor nuclear; fracasan los intentos de enfriamiento*. Acceso: 26 de marzo de 2011. Disponible en <http://mexico.cnn.com/mundo/2011/03/12/la-amenaza-nuclear-en-japon-se-intensifica-con-mas-fallas-en-fukushima>
- [11] United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (CERF), *Coordination Saves Lives*. Acceso: 5 de Junio de 2011. Disponible en <http://www.unocha.org/>
- [12] Fondo Central de Respuesta a Emergencias, Naciones Unidas (CERF). Acceso: 5 de junio de 2011. Disponible en <http://ochaonline.un.org/Default.aspx?alias=ochaonline.un.org/cerf>.
- [13] Public Domain Software for the Wildland Fire Community. Acceso: 5 de junio de 2011 Disponible en <http://fire.org/>
- [14] The National Interagency Fire Center (NIFC). Acceso: 5 de junio de 2011. Disponible: <http://www.nifc.gov/>
- [15] Rocky Mountain Center. Acceso: 5 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firelab.org/rmc>
- [16] Climate Fire Dynamics Group. Acceso: 5 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firelab.org/cfdg>
- [17] Fire Aviation and Management. Acceso: 5 de junio de 2011. Disponible en <http://www.fs.fed.us/fire>
- [18] Joint Fire Sciences Project. Acceso: 5 de Junio de 2011. Disponible en <http://www.firescience.gov/>
- [19] Physical Fire Processes. Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firelab.org/science-applications/physical-fire>.
- [20] Fuel Dynamics. Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firelab.org/science-applications/fuel-dynamics>
- [21] Smoke Emissions and Dispersion. Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firelab.org/science-applications/smoke-emissions>
- [22] Fire Ecology. Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firelab.org/science-applications/fire-ecology>

- [23] Fire and Fuel Management Strategies. Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firelab.org/science-applications/fire-fuel>
- [24] FOFEM. First Order Fire Effects Model. Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firelab.org/science-applications/fire-fuel/111-fofem>
- [25] Automated Forecasting of Smoke Dispersion and Air Quality Using NASA Terra and Aqua Satellite Data. Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en <http://ruc.noaa.gov/wrf/WG11>
- [26] Behave Plus Fire Modeling System. Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firemodels.org/index.php/behavplussoftware/behavplus-downloads>.
- [27] Coarse-Scale Spatial Data for Wildland Fire and Fuel Management. Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firelab.org/science-applications/fire-fuel/146-coarse-scale>
- [28] FFE-FVS: Development of the Fire and Fuels Extension to the Forest Vegetation Simulator Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en <http://www.fs.fed.us/fmsc/fvs/software/index.shtml>.
- [29] Fire Effects Information System (FEIS). Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en <http://www.fs.fed.us/database/feis/>
- [30] Fire Stem tree mortality modeling tool. Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en http://www.firelab.org/Research-Project_Files/firestem_installer.zip.
- [31] Fire Works featuring Ponderosa, Lodgepole and Whitebark Pine Forests. Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_gtr065.html.
- [32] Wind Wizard surface wind modeling system. Acceso: 27 de mayo de 2011. Disponible en www.firemodels.org/index.php/windwizard-software/windwizard-downloads
- [33] FLAME, Fireline Assessment Method. Acceso: 3 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firelab.org/science-applications/fire-fuel/76-flame>
- [34] LANDFIRE Prototype. Acceso: 3 de Junio de 2011. Disponible en <http://www.firelab.org/science-applications/science-synthesis/81-landfire>.
- [35] Ministerio del Interior y de Justicia, Prevención y atención de desastres. Acceso: 27 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.mij.gov.co/econtent/newsdetailmore.asp?id=1475&idcompany=2>.
- [36] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Acceso: 2 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.minambiente.gov.co>
- [37] Sistema Nacional para la Prevención y atención de desastres, *Guía de actuación en caso de un desastre súbito de cobertura nacional adaptada por la directiva presidencial 005 del 27 de noviembre de 2001*. Acceso: 4 de mayo de 2011. Disponible en http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas_detalle.aspx?idp=91
- [38] Protocolos para atención de emergencias-SIRE. Acceso: 11 de Mayo de 2011. Disponible en <http://www.sire.gov.co/portal/page/portal/sire/protocolos>.
- [39] FOPAE, *Página inicial*. Acceso: 10 de mayo de 2011. Disponible en <http://intranet.fopae.gov.co>
- [40] Reseña Histórica-FOPAE. Acceso: 7 de mayo de 2009. Disponible en http://intranet.fopae.gov.co/portal/page/portal/FOPAE_V2/Quienes%20Somos.
- [41] Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá. D.C., *Caracterización, Planeación y gestión estratégica*. Acceso: 1 de Ju-

- nio de 2011. Disponible en http://www.bomberosbogota.gov.co/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=510&Itemid=116
- [42] NFPA, *Página principal de información de NFPA*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://nfpa.org>.
- [43] National Fire Protection Association, *About NFPA*. Acceso: 16 de marzo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/categoryList.asp?categoryID=143&URL=About%20NFPA>.
- [44] NFPA, *Incendios Forestales, Protocolo para la atención de incendios forestales*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=456&itemID=18521&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Wildland>.
- [45] NFPA, *Incendios en medios de transporte, Protocolo para la atención de incendios en medios de transporte*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=455&itemID=18587&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Transportation>.
- [46] NFPA, *Incendios causados por terrorismo, Protocolo para la atención de incendios causados por terrorismo..* Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=454&itemID=18584&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Terrorism>.
- [47] NFPA, *Incendios en empresas de comunicaciones. Protocolo para la atención de incendios en empresas de comunicaciones*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en [80&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Telephone%20exchanges](http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=453&itemID=18580&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Telephone%20exchanges).
- [48] NFPA, *Incendios en bodegas. Protocolo para la atención de incendios en bodegas*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=452&itemID=18702&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Storage>.
- [49] NFPA, *Incendios en ambientes residenciales. Protocolo para la atención de incendios en ambientes residenciales*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=451&itemID=18710&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Residential>.
- [50] NFPA, *Incendios en moteles. Protocolo para la atención de incendios en moteles*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=450&itemID=18578&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Motel>.
- [51] NFPA, *Incendios en hoteles. Protocolo para la atención de incendios en hoteles*, Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=446&itemID=18575&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Hotel>.
- [52] NFPA, *Incendios en zonas mercantiles. Protocolo para la atención de incendios en zonas mercantiles*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=449&itemID=18577&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investiga>

- tions/Reports%20and%20summaries/Mercantile.
- [53] NFPA, *Incendios en zonas cercanas al mar. Protocolo para la atención de incendios en zonas cercanas al mar*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=448&itemID=18590&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Marine>.
- [54] NFPA, *Incendios en edificios de gran altura. Protocolo para la atención de incendios en edificios de gran altura*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=445&itemID=18690&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/High-rise>.
- [55] NFPA, *Incendios en instituciones de salud. Protocolo para la atención de incendios en instituciones de salud*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=444&itemID=18588&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Health%20care>.
- [56] NFPA, *Incendios con fuegos artificiales. Protocolo para la atención de incendios con fuegos artificiales*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=443&itemID=18520&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Fireworks>.
- [57] NFPA, *Incendios en situaciones de terremotos. Protocolo para la atención de incendios en situaciones de terremotos*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=441&itemID=18519&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Earthquake>.
- [58] NFPA, *Incendios en dormitorios. Protocolo para la atención de incendios en dormitorios*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=440&itemID=18516&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Dormitory>.
- [59] NFPA, *Incendios en establecimientos de negocios. Protocolo para la atención de incendios en establecimientos de negocios*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=439&itemID=18514&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Business>.
- [60] NFPA, *Incendios en centros de amparo. Protocolo para la atención de incendios en centros de amparo*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=438&itemID=18513&URL=Research%20%20Reports/Fire%20investigations/Reports%20and%20summaries/Board%20and%20care>.
- [61] Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC. Acceso: 10 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.igac.gov.co/>.
- [62] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Acceso: 10 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.ideam.gov.co/>.
- [63] SIGPAD, *Página principal de información de SIGPAD*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.sigpad.gov.co>.
- [64] Fondo Nacional de Calamidades. *Sistema Nacional para la prevención y atención de desastres Colombia, Página principal*. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.colombia>

- humanitaria.gov.co/FNC/Paginas/FNC.aspx.
- [65] Sistema Nacional Ambiental-SINA. Acceso: 5 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Programas/ViviendaAguayDesarrolloUrbano/MedioAmbiente/SistemaNacionalAmbientaSINA.aspx>.
- [66] Departamento Nacional de Planeación-DNP. Acceso: 10 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.dnp.gov.co>.
- [67] Corporaciones autónomas regionales-ASOCARS. Acceso: 16 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.asocars.org.co>.
- [68] Congreso de Colombia, *Ley 322 de 1996 de octubre 4*. Acceso: 20 de marzo de 2011. Disponible en <http://www.calorcol.com/LinkClick.aspx?fileticket=rf2sBp84G4Q%3d&tabid=85&mid=771>
- [69] Cruz Roja Colombiana. Acceso: 30 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.cruzrojacolombiana.org>.
- [70] United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. Coordination Saves Lives. Acceso: 30 de Junio de 2011. Disponible en <http://www.unocha.org>.
- [71] F. Miwakeichi, Y. Oku, Y. Okada, S. Kawai, Y. Tamura, M. Ishiguro, "Detection and Visualization Method of Dynamic State Transition for Biological Spatio-Temporal Imaging Data, Medical Imaging", *IEEE Transactions on*, Issue 3. pp. 859 - 866, 2011
- [72] P. Shuangyun, Y. Kun, X. Quanli, W. Jiasheng, X. Jianhong, L. Liusheng, "A simulation study of H1N1 space-time epidemic based on agent-based modeling", *Geoinformatics*, in 18th International Conference on, pp. 1- 4, 2010.
- [73] L. Tao, L. Xia, A. Bin, F. Jing, Z. XiaoHu, "Multi-Agent Simulation of Epidemic Spatio-Temporal Transmission. Natural Computation", in ICNC '08. Fourth International Conference on, Vol. 7, pp. 357-361, 2008.
- [74] E. Jovanov, D. Starcevic, V. Radivojevic, A. Samardzic, V. Simeunovic, "Perceptualization of biomedical data. An experimental environment for visualization and sonification of brain electrical activity", *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*, Issue 1. Vol. 18. pp. 50 - 55. 1999.
- [75] K. Zreik, S. Parfouru, *Modelling Context in SafeLink: Online Crisis Management System Information and Communication Technologies*, ICTTA '06. 2nd, pp. 3439 - 3444, Vol. 2. 2006.
- [76] J. García, *El Sol de México, Ciencia y Tecnología*, "Alista IPN sistema para hallar víctimas en desastres", Organización Editorial Mexicana. 14 de junio de 2010. Acceso: 1 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n1671723.htm>.
- [77] FARSITE. Acceso: 4 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firemodels.org/index.php/national-systems/farsite>.
- [78] FLAMMAP, *Simulador para el comportamiento del fuego*. Acceso: 4 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firelab.org/science-applications/fire-fuel/77-flammap>.
- [79] FIREFAMILYPLUS, *Simulador para analizar daños del fuego y del agua*. Acceso: 4 de junio de 2011. Disponible en <http://www.firemodels.org/index.php/firefamilyplus-software/firefamilyplus-downloads>.
- [80] M. Mekni, B. Moulin, "Hierarchical Path Planning for Multi-agent Systems Situated in Informed Virtual Geographic Environments. Information, Process, and Knowledge Management", eKNOW '10, in Second International Conference on, pp. 48 - 55, 2010.

- [81] L. Guang-Ru, H. Jing-Feng, S. Zhi, "Structure and Algorithm Design of the Manager-Agent in Webgis. Machine Learning and Cybernetics", in International Conference, pp. 40 - 45, 2006.
- [82] G. Ji-Hong, Z. Shui-Geng, Ch. Jun-Peng, Ch. Xiao-Long, A. Yang, Y. Wei, W. Rong, L. Xu-Jun, "Ontology-based GML schema matching for spatial information integration", Machine Learning and Cybernetics, in International Conference, pp.2240 - 2245, Vol.4, 2003.
- [83] S. Chaabane, W. Jaziri, F. Gargouri, "A proposal for a geographic ontology merging methodology. Current Trends in Information Technology (CTIT)", in International Conference, pp. 1-6, 2009.
- [84] A. Alvarez, "Sobre la evaluación de riesgo de desastres naturales y vulnerabilidad de la comunidad utilizando sistemas de información geográficos". *Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, Vol. 5, No. 2, Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayaguez. Acceso: 27 de marzo de 2011. Disponible en <http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/95/94>
- [85] X. Shaochun, Ch. Xuhui, L. Dapeng, "Classifying software visualization tools using the Bloom's taxonomy of cognitive domain", Electrical and Computer Engineering, CCECE '09, in Canadian Conference, pp. 13 - 18, 2009.
- [86] B. Yang, Y. G. Wu, Ch. Wang, "A Multi-agent and GIS Based Simulation for Emergency Evacuation in Park and Public Square", Computational Intelligence and Security, CIS '09, in International Conference, Vol. 1, pp. 211 - 216, 2009
- [87] Z. He-Sheng, Z. Yi, L. Zhi-Heng H. Dong-Cheng, "Intelligent Transportation Systems", *IEEE Transactions*, Vol. 5, No. 4, pp. 267 - 275, 2004.
- [88] E. R. Groff, "Adding the Temporal and Spatial Aspects of Routine Activities: A Further Test of Routine Activity Theory", *Security Journal*, 21, pp. 95-116, 2008.
- [89] Y. Lei, L. Hui, H. Hong-Liang, S. Wen-Guan, "The Prototype Study of Geographic Information Mobile Service Based on Multi Agent System Collaborative Design", Pervasive Computing and Applications, in 1st International Symposium, pp. 327-332, 2006.
- [90] D. P. Serpa, D. M. Walker, T. M. Jenckes, "Emergency Monitoring, Assessment and Response System for Diablo Canyon Nuclear Power Plant" *Nuclear Science, IEEE Transactions*, pp. 236 - 241, Vol. 28, 1981.
- [91] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, *NSR-98 Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente*. Acceso: 5 de abril de 2011. Disponible en <http://www.calorcol.com/LinkClick.aspx?fileticket=BboO7WifeuA%3d&tabid=85&mid=771>.
- [92] Z. Jianqin, X. Zhijie, W. Yanmin, "An intelligent traffic information service system based on agent and GIS-T. Mechanic Automation and Control Engineering (MACE)", in International Conference, pp. 2791 - 2794, 2010.
- [93] Ch. Zheng, L. Songnian, "Reconciling inconsistent perspectives in collaborative GIS using multi-agent method", *Geoinformatics*, in 17th International Conference, pp. 1-6, 2009.
- [94] E. Peig Olivé, *Interoperabilidad de metadatos en Sistemas Distribuidos*, Tesis Doctoral, Universitat Pompeu Fabra, 2003
- [95] D. Brickley, J. Hunter, C. Lagoze, *ABC: A Logical Model for Metadata Interoperability*, Acceso: 4 de Abril de 2000. Disponible en University of Bristol, http://www.ilrt.bris.ac.uk/discovery/harmony/docs/abc/abc_draft.html

- [96] G. Booch, A. Brown, J. Rumbaugh, *An MDA manifesto. IBM Rational Software*, 2004.
- [97] Z. Bin, L. Tao, T. Yongchuan, "Research on pedestrian evacuation simulation based on fuzzy logic. Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design", CAID/CD, in 9th International Conference, pp. 1024 - 1029, 2008.
- [98] B. Yang, Y. G. Wu, Ch. Wang, "A GIS-based simulation for occupant evacuation in an amusement building. Informatics in Control, Automation and Robotics (CAR)", in 2nd International. Asia Conference, Vol 3, pp. 274 - 277, 2010.
- [99] R. A. González, *A Framework for ICT Supported ICT in crisis Response*, Doctoral Dissertation, Delft University of Technology, The Netherlands, pp.1-218, 2010.
- [100] T. Miyoshi, M. Nakagawa, Y. Ueno, H. Nakayasu, "Urgent evacuation simulation in aircraft accident using AAMAS. Computers and Industrial Engineering (CIE)", in 40th International Conference, pp. 1 - 6, 2010.
- [101] L. Anhong, L. Xiang, F. Wenjuan, A. Ning, Z. Jian, L. Lian, S. Yongzhong, "Blue Arrow: A Web-Based Spatially-Enabled Decision Support System for Emergency Evacuation Planning. Business Intelligence and Financial Engineering", BIFE '09, in International Conference, pp. 575 - 578, 2009.
- [102] O. Franceze, *Center For Transportation Analysis Research Brief., Oak Ridge National Laboratory., "Oak Ridge Evacuation Modeling System*. Disponible en http://cta.ornl.gov/cta/One_Pagers/OREMS.pdf
- [103] M. Pidd, R. Eglese, F.N. de Silva, "CEMPS: A Prototype Spatial. Decision Support System to Aid in Planning Emergency Evacuations", *Transactions in GIS*, Vol. 1, 1997, pp. 321-334. 2009.
- [104] R. Maciejewski, S. Rudolph, R. Hafen, A. Abusalah, M. Yakout, M. Ouzzani, W. S. Cleveland, S. J. Grannis, M. Wade, D. S. Ebert, *Understanding syndromic hotspots - a visual analytics approach, Visual Analytics Science and Technology*, VAST '08, in IEEE Symposium, pp. 35 - 42, 2008.
- [105] C. Shahabi, F. Banaei-Kashani, A. Khoshgozaran, L. Nocera, S. Xing, "GeoDec: A Framework to Effectively Visualize and Query Geospatial Data for Decision-Making", *Multimedia, IEEE*, Issue 99, Vol. 2010.
- [106] L. Ying-Wei, W. Xiao-Lin, X. Zhuo-Qun, "Apply agent technology into distributed GIS. Computational Intelligence and Multimedia Applications", ICCIMA 2003, Proceedings, in Fifth International Conference, pp. 182 - 187, 2003.
- [107] Ch. Kang, S. Gao, X. Lin, Y. Xiao, Y. Yuan, Y. Liu, X. Ma, "Analyzing and geo-visualizing individual human mobility patterns using mobile call records", *Geoinformatics*, in 18th International Conference, pp. 1-7, 2010.
- [108] K. P. Hewagamage, M. Hirakawa, T. Ichikawa, "Interactive visualization of spatiotemporal patterns using spirals on a geographical map", in IEEE Symposium, pp. 296 - 303, 1999.
- [109] P. O. Kristensson, N. Dahlback, D. Anundi, M. Bjornstad, H. Gillberg, J. Haraldsson, I. Martensson, M. Nordvall, J. Stahl, "An Evaluation of Space Time Cube Representation of Spatiotemporal Patterns, Visualization and Computer Graphics", *IEEE Transactions*, Vol. 15, Issue, 4 pp. 696 - 702, 2009.
- [110] P. Gatalsky, N. Andrienko, G. Andrienko, "Interactive analysis of event data using space-time cube, In-

- formation Visualisation”, Proceedings, in Eighth International Conference, pp. 145 - 152. 2004.
- [111] A. M. MacEachren, F. P. Boscoe, D. Haug, L. W. Pickle, “Geographic visualization: designing manipulable maps for exploring temporally varying georeferenced statistics”, Information Visualization, Proceedings, in IEEE Symposium, pp. 87 - 94, 156. 1998.
- [112] S. Bassil, R. K. Keller, “Software visualization tools: survey and analysis, Program Comprehension”, IWPC, Proceedings, in 9th International Workshop, pp. 7 - 17, 2001.
- [113] Unidad Administrativa Especial. Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá. Estructura Organizacional UAE-COBB. Acceso: 2 de junio de 2011. Disponible en <http://www.bomberosbogota.gov.co/redisenio/estructura-organizacional/185-organigramas>
- [114] Unidad Administrativa Especial. Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá. Oficina asesora de planeación. Acceso: 2 de junio de 2011. Disponible en <http://www.bomberosbogota.gov.co/content/view/30/60/>.
- [115] Unidad Administrativa Especial. Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá. Subdirección Operativa. Acceso: 6 de Junio de 2011. Disponible en <http://www.bomberosbogota.gov.co/content/view/32/62/>.
- [116] Unidad Administrativa Especial. Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá. Subdirección de Gestión del Riesgo. Acceso: 6 de Junio de 2011. Disponible en <http://www.bomberosbogota.gov.co/content/view/32/62/>.
- [117] Unidad Administrativa Especial. Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá. Subdirección de Gestión Corporativa. Acceso: 6 de junio de 2011. Disponible en <http://www.bomberosbogota.gov.co/content/view/32/62/>.
- [118] Unidad Administrativa Especial. Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá. Infraestructura. Acceso: 6 de junio de 2011. Disponible en <http://www.bomberosbogota.gov.co/content/view/32/62/>.
- [119] D. Felker, J. Dobbs, *Android Application. Development for Dummies*, Wiley: Publishing, Inc., 2011.
- [120] W. F. Ableson, Ch. Collins, R. Sen, *Cover Android SDK 1.0. Unlocking Android*, Ed Manning. 2008.