

ATCIÓN DE EMERGENCIAS ANTE EVENTOS SOCIONATURALES Y LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. **CASO: MUNICIPIO BOLIVARIANO LIBERTADOR DE CARACAS**

EMERGENCY CARE TO SOCIO-NATURAL EVENTS AND GEOGRAPHIC INFORMATION TECHNOLOGIES.
CASE: BOLIVARIAN MUNICIPALITY LIBERATOR OF CARACAS

JOSÉ ACUÑA

RESUMEN

Este trabajo pretende contribuir a mejorar la atención de emergencias en el municipio aplicando las tecnologías de información geográfica que actualmente están disponible como el análisis de redes. Los organismos de atención están interesados en arribar al sitio de una emergencia en el menor tiempo, pero la determinación de esta variable resulta compleja porque intervienen múltiples factores que la condicionan entre ellas el flujo vehicular. Este artículo evalúa el flujo vehicular utilizando parámetros como el promedio de velocidad de los principales corredores viales en distintas horas del día y el promedio de velocidad por jerarquía vial. Partiendo de ello se plantearon 4 escenarios y en cada uno se toman como emergencias hipotéticas aquellas zonas con alta probabilidad de ocurrencia de un evento socionatural. Cada escenario muestra las funcionalidades que tiene la herramienta en el análisis de redes de transporte ajustados a los servicios de atención, los resultados obtenidos permiten encontrar soluciones que mejoren la capacidad de atención y respuestas ante estos eventos.

Palabras clave: emergencias, organismos, eventos socionaturales, sistemas de información geográfica, repuesta, tiempo.

ABSTRACT

This paper aims to contribute to improving emergency care in the municipality by applying the geographic information technologies that are currently available as network analysis. The organisms of attention are interested in reaching an emergency in the shortest time, but the determination of this variable is complex because multiple factors that influence the flow of vehicles are involved. This article evaluates the vehicular flow using parameters the average speed of the main road corridors at different times of the day and the average speed by road hierarchy. Based on this, four scenarios were considered, and in each one, hypothetical emergencies are considered to be those zones with high probability of occurrence of a so-natural event. Each stage shows the functionalities that the tool has in the analysis of transport networks adjusted to the care services. The obtained results allow finding solutions that improve the attention capacity and responses to these events.

Keywords: attention, emergencies, organisms, socio-natural events, geographical information systems, route, urban mobility, road network, time.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Caracas está expuesta a la aparición de eventos no deseados de origen sicionatural por sus características geológicas-geotécnicas y al proceso de ocupación del espacio (Schmitz *et al.*, 2011; JICA, 2005). Entre estos eventos están los movimientos por remoción en masa especialmente los deslizamientos, los cuales han sido los de mayor recurrencia en los últimos años, y han tenido como factor detonante la ocurrencia de precipitaciones de registros extraordinarios, sin embargo, y en términos comparativos los eventos por sismo han sido los de mayor impacto en cuanto a pérdidas de vidas, bienes y daños a la infraestructura (Schmitz *et al.*, 2011). Por otra parte, la atención de emergencia ante estas situaciones es una acción de mayor importancia y requiere una respuesta eficaz, pero la ciudad de Caracas se vería afectada por numerosas variables por la situación de movilidad que actualmente sufre la ciudad, es decir y entre otras por la dinámica que la caracteriza donde el congestionamiento frecuente y el bajo promedio de velocidad en las principales vías, en una buena parte del día, lo que lleva como consecuencia que se impidan en muchos casos la pronta respuesta a las zonas afectadas (SOTRAVIAL/UCV, 2007).

Contextualizada esta situación se puede mencionar que las principales causas del congestionamiento vehicular en la ciudad de Caracas se atribuye a: numeroso parque automotor, oferta vial insuficiente, sistema de transporte público ineficiente, y a la ausencia de políticas públicas efectivas en materia vial (Alcaldía Metropolitana, 2009), lo que se traduce en alta sensibilidad vial, es decir, cualquier suceso puede provocar congestionamiento considerable en numerosas vías, ejemplo de ello son las precipitaciones que en periodo de lluvia pueden provocar el desbordamiento de ríos y quebradas y sobre todo la escorrentía e inundación de las vías, incidiendo en la caotización del flujo vehicular (SOTRAVIAL/UCV, 2007). Lluvias extraordinarias como las ocurridas en los años 1999, 2005, 2008 y 2010 dan cuenta de lo vulnerable que puede ser la ciudad por la cantidad de deslizamientos, desbordes, entre otros y se limita la atención de emergencia ante altos niveles de congestión vial que ha se han reportado.

En otro orden de ideas, la atención de emergencia forma parte de la Gestión Integral de Riesgos (GIR) y se define como un conjunto de acciones que buscan reducir los costos asociados a las emergencias, a su vez, estas se definen como “situaciones adversas, a veces repentinas e imprevistas, que hacen necesario tomar decisiones inmediatas y acertadas para superarlas” (UNESCO, 2011). Las emergencias se producen ante la ocurrencia de eventos, que requieren una respuesta para proteger la vida, los bienes y el medio ambiente. Es así que la respuesta ante estos acontecimientos dependerá de la preparación que tengan la sociedad y en particular los organismos

de atención, es allí donde las Tecnologías de Información Geográfica (TIG) juegan un papel importante como un insumo para desarrollar planes de respuesta ante emergencias o desastres. Actualmente las TIG son herramientas indispensables para el manejo de información geoespacial (Olaya, 2009), estas pueden proveer información en tiempo real de zonas afectadas para la toma de decisiones que permitan disminuir las consecuencias de estos sucesos.

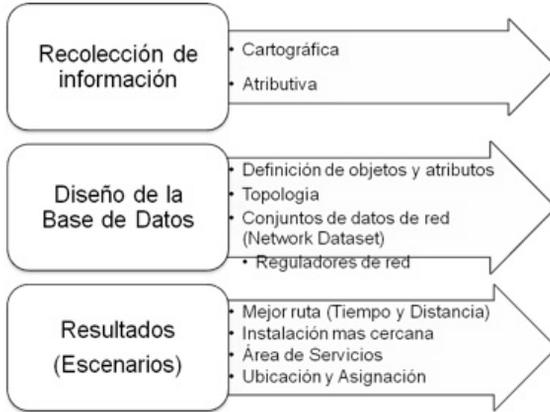
Esta investigación intenta brindar un aporte para mejorar la respuesta que puede tener un organismo para la atención de emergencias ante eventos siconaturales, por medio de la utilización de las herramientas que brindan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en sus diversas aplicaciones como el análisis de redes de transporte, esta herramienta mencionada permite evaluar las rutas de acceso, y en particular, para la atención de emergencias basadas en distancia y tiempo de viaje. Para ello, y tal como se describirá más adelante, se construyó un modelo utilizando datos e indicadores de la red vial, la cual aporta información acerca de la movilidad y el flujo vehicular en el municipio Libertador, se evaluaron los costes (tiempo y distancia) entre la ubicación de un organismo y las zonas propensas a una emergencia por evento siconatural (deslizamientos y sismos). Los resultados contribuyen en la planificación y la toma de decisiones estratégicas de estos organismos.

METODOLOGÍA EMPLEADA

Para la construcción del modelo de análisis de rutas de transporte se utilizó la extensión Network Analyst del software ArcGIS® propiedad de la compañía Esri. La metodología utilizada se resume en tres fases, la primera de ella consiste en la recopilación de información cartográfica y atributiva tales como: red vial, velocidades promedias de los corredores viales, identificación de las principales amenazas siconaturales y la ubicación de los organismos de atención de emergencias. La segunda fase se basó en el diseño de la base de datos geográficos (Geodatabase), en ella se introducen los objetos (capas) y los atributos asociados, se definen las relaciones topológicas y se elabora el conjunto de datos de la red (Network Dataset) estableciendo los reguladores de red (impedimentos), y por último la tercera fase se describen las funcionalidades aplicadas a la atención de emergencias que se expresan en los resultados. En la Figura 1 se ejemplifica la metodología utilizada. En la figura 1 se ejemplifica esquemáticamente la metodología utilizada. Atención de emergencias y SIG.

Figura 1.

Esquema metodológico. Atención de emergencias y SIG. Caso Municipio Bolivariano Libertador



Fuente: elaboración propia

Recopilación de información cartográfica y atributiva

Se recopiló información para elaborar la cartografía y los cálculos para el análisis de red de distintas fuentes en el Municipio Bolivariano Libertador que a continuación se detallan:

Cuadro 1. Información Cartográfica

Información	Tipo	Escala	Fuente
Red Vial	Vectorial/Líneas	1:2.500	Alcaldía de Caracas
Organismos de Atención	Vectorial/Puntos	1:2.500	Bomberos Capital/ Protección Civil Capital/ Protección Civil Libertador
Amenazas	Vectorial/Polígonos-Puntos	Varios	FUNVISIS

Fuente: FUNVISIS (2014), Alcaldía de Caracas (s/f), Gobierno del Distrito Capital (s/f).

Por su parte, la recolección de información atributiva está relacionada con la movilidad urbana en la ciudad y se obtuvo de dos fuentes, la primera de ellas corresponde al estudio “Análisis de la situación actual y prospectiva de los servicios urbanos del Distrito Metropolitano de Caracas” (Morais, 2004)¹ en este estudio se realizó un diagnóstico vial y del sistema de transporte en general de la ciudad, y se determinaron las velocidades promedio en diferentes horas del día de los principales corredores viales, esta información es fundamental para la realización de los cálculos de costes. Y el segundo corresponde al “Manual de Vialidad Urbana” elaborado por el Ministerio de Desarrollo Urbano (1981), con la información de este manual se establecieron las velocidades promedio de las vías que no estaban contempladas en el estudio anterior en diferentes horas del día.

2.2 Diseño de la base de datos geográfico

Para el diseño de la base de datos geográficos se utilizó el manejador de bases de datos del software ArcGIS® la Geodatabase, de Microsoft Access, la cual, es relacional y multiusuario y se utiliza para creación, edición, administración y visualización de datos geográficos que requieren de un tratamiento especializado. En primer lugar se definieron los objetos (capa) y la información atributiva asociada luego se definió el nivel y el tipo de relaciones entre los objetos (topología) y, por el último, se creó el conjunto de datos de red (Network Dataset).

Definición de objetos (capa) y atributos

Red vial: es una capa de tipo vectorial de geometría de líneas que describe el entramado vial y en este caso el del Municipio Libertador. La información atributiva contiene el nombre, la jerarquía vial, y la longitud de cada tramo vial.

Organismos de atención: es una capa de tipo vectorial de geometría de puntos que contiene la ubicación y el nombre de 14 estaciones de Bomberos del Distrito Capital, 1 de Protección Civil del Distrito Capital y 2 de Protección Civil del Municipio Libertador, que son las instituciones encargados de la atención de trato inmediato ante emergencias en el municipio.

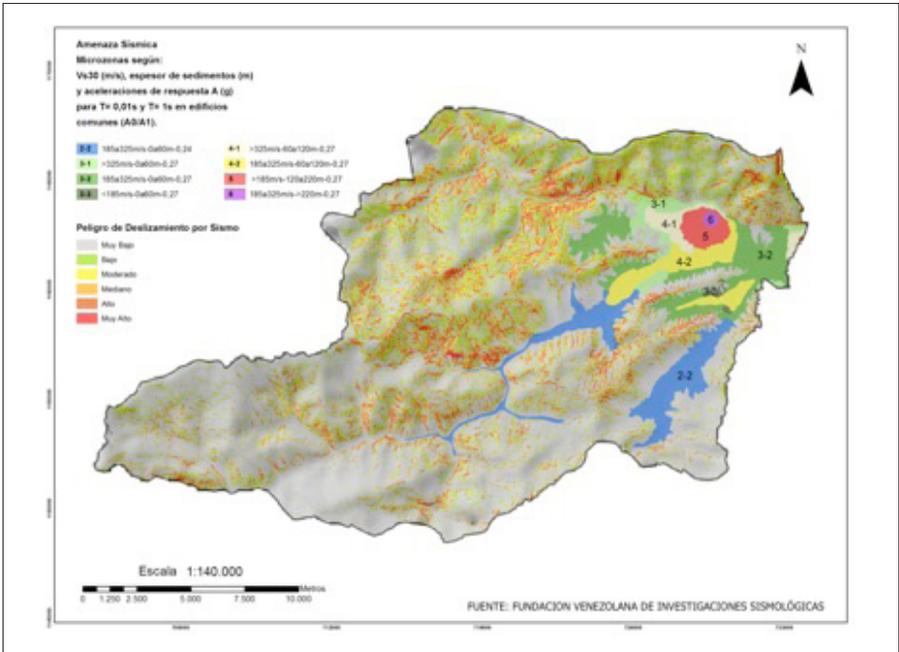
1 Si bien los datos corresponden al año 2004, es el último informe de este tipo que se realiza en la ciudad de Caracas donde se detallan los promedios de velocidad de los principales corredores viales.

Amenazas: es una capa de tipo vectorial de geometría de polígonos, que contiene la información de peligro de deslizamiento por lluvia y la microzonificación sísmica, categorizada por niveles de amenaza, en la figura 2 se aprecia la distribución espacial de la amenaza múltiple (FUNVISIS, 2014). Para realizar los escenarios se transformaron los niveles muy altos de cada amenaza a geometría de punto.

Relaciones y reglas (topología)

La topología geoespacial “estudia las relaciones espaciales entre los diferentes elementos gráficos que representan las características geográficas y su posición en el mapa (vecindad, conectividad)” (ESRI, 2011). En este caso se utilizó la topología para establecer relaciones entre cada tramo vial con la finalidad de asegurar que todos los segmentos y nodos coincidan para establecer las rutas de manera exitosa. La relación entre ejes y nodos permite la circulación al interior de la red de transporte (Barrientos, 2007).

Figura 2.
Distribución espacial de la amenaza múltiple en el municipio Libertador.



Creación del conjunto de datos de red (network dataset)

El network dataset se crea en el interior de la Geodatabase, y allí se definen las principales características de la circulación, flujos y movilidad vehicular a lo interno de la red, además de las restricciones e impedimentos los cuales son los reguladores de la red vial.

Reguladores de la red vial

Los principales reguladores en una red vial son la distancia y el tiempo, estos definen la ruta más corta entre dos puntos (Barrientos, 2007). Sin embargo los organismos de atención requieren atender las emergencias empleando el menor tiempo, atravesando la menor cantidad de vías y obstáculos a su paso. Por ello, se describen a continuación los principales reguladores de red que se contemplaron a lo interno del análisis de red, estos permitirían arrojar resultados ajustados a las características de movilidad que tiene la ciudad.

Distancia: es la variable que menos información requiere. La distancia más corta entre dos puntos se mide a través de la longitud (metros) de cada segmento vial. Es un factor a tomar en cuenta por los organismos de atención que necesitan prestar sus servicios, ya que, la elección de la ruta más corta puede significar recorrer la menor distancia para acudir al lugar de la emergencia.

Tiempo: constituye el elemento más difícil y complejo de determinar en el modelado de la red, sin embargo, constituye el aspecto fundamental para el análisis en las estimaciones de costos por tiempo. Para ello se utiliza la velocidad del desplazamiento de un vehículo por una arteria vial, la precisión depende de muchas situaciones entre las que se mencionan, el tipo de vía que se transite, la congestión causado por obstáculos (semáforos, intersecciones, reductores de velocidad, trabajos en la vía, condiciones meteorológicas, entre otros) que influyen el flujo vehicular.

En este trabajo se utilizaron los promedios de velocidad para ser utilizados como indicador de desplazamiento, los cuales permitirán determinar los costes de viaje en cada tramo vial. El estudio se dividió en tres momentos del día, los dos primeros corresponde a las velocidades promedios en horas pico² (tanto en la mañana como

2 Se definen las horas picos como aquel momento del día donde hay mayor congestión vehicular en días laborables (Lunes - Viernes), generalmente comprende las horas de 6:00 am – 9:00 am y 4:00 pm – 7:00 pm.

en la tarde) y el otro al resto del día. Para asignarle las velocidades promedios en las horas pico se utilizó el estudio de Morais (2004), que contiene información de los principales corredores viales de la ciudad de Caracas y para el resto de las vías se utilizó los promedios de velocidad en hora pico que está contemplado en el Manual de Vialidad Urbana (1981). Mientras que la asignación de la velocidad promedio para el resto del día se tomó solo el Manual de Vialidad Urbana, a continuación se muestran dos cuadros con estos valores.

Cuadro 2.
Velocidad promedio de los principales corredores viales en horas pico en Caracas

Corredor	Velocidad (km/h) AM			Velocidad (km/h) PM		
	Este/ Norte	Oeste/ Sur	Promedio	Este/ Norte	Oeste/ Sur	Promedio
Autopista Francisco Fajardo (Oeste)	54,1	77,8	62,7	73,4	44,5	56,8
Autopista Francisco Fajardo (Este)	47,8	26,8	34,3	39,7	41,6	40,6
Av. Páez	13,1	23,1	16,7	31,3	16,9	22,0
Av. San Martín	19,1	23,3	21,2	26,7	13,2	17,1
Autopista Valle – Coche	18,9	71,6	29,8	70,9	41,1	52,1
Av. Intercomunal del Valle	24,3	20,8	22,3	36,6	29,3	32,2
Av. Boyacá (Cota Mil)	32,4	44,0	37,4	58,9	78,0	67,2
Autopista Caracas La Guaira	58,3	51,5	54,8	66,4	74,2	69,9
Av. Sucre	13,5	15,0	14,3	22,8	9,1	13,0
Av. Baralt	12,3	14,9	13,5	25,7	8,4	11,6
Av. Fuerzas Armadas	17,9	22,7	20,0	8,9	10,8	15,3
Av. Bolívar	21,1	17,8	19,4	13,1	16,8	11,6
Av. Libertador	32,4	34,0	33,2	17,2	34,2	18,5

Corredor	Velocidad (km/h) AM			Velocidad (km/h) PM		
	Este/ Norte	Oeste/ Sur	Promedio	Este/ Norte	Oeste/ Sur	Promedio
Av. Principal Macarao	13,2	15,7	14,4	20,2	8,4	12,5
Av. Universidad	-	15,1	15,1	-	12,3	12,3
Av. Lecuna	17,9	-	17,9	16,9	-	16,9
Av. Principal de Maripérez	16,0	8,3	11,0	13,0	12,6	12,8
Autopista Panamericana	-	-	-	47,8	40,5	43,9
Av. Morán	14,9	12,9	13,6	-	-	-
Av. Principal de Propatria	12,1	16,3	14,0	-	-	-

Fuente: tomado de Morais (2004).

José Acuña

Cuadro 3. Velocidad promedio por tipo de vía tanto hora pico como resto del día.

Tipo de Vía	Velocidad (Km/h)	
	Hora Pico	Resto del día
Expresa	60	80
Arterial	40	60
Colectora	30	40
Local	15	30

Fuente: Ministerio del Desarrollo Urbano (1981)

Jerarquía: se refiere al orden o el grado que tiene una vía, varía según su funcionalidad, número de canales, ancho de la calzada y longitud. Se jerarquizaron según lo establecido en el Manual de Vialidad Urbana (1981) para todas las vías de la ciudad. El modelo privilegia el orden jerárquico más alto para establecer la mejor ruta, por ejemplo tomará una autopista que tiene la mayor jerarquía vial por encima de vía local, si bien la jerarquización que establece el manual contempla 4 niveles, el modulo

Network Analyst solo establece 3 (carreteras primarias, secundarias y locales), para este estudio se ajustó la jerarquización vial tal como lo describe el cuadro N° 4 y la figura N° 3.

Cuadro 4.
Jerarquía Vial

Jerarquía (Manual)		Jerarquía (Network Analyst)	
Expresa	1	Carreteras primarias	1
Arterial	2	Carreteras secundarias	2
Colectora	3	Carreteras locales	3
Local	4	Carreteras locales	3

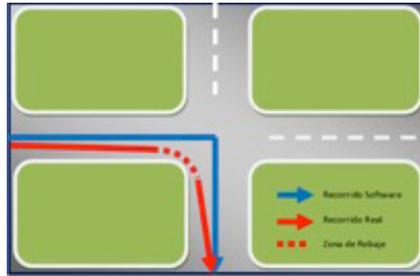
Fuente: ajustada a partir de Mindur (1981)

Figura 3.
Esquemmatización de jerarquía vial



Fuente: ArcGIS 10.1 Modulo Network Analyst

Giros: cada vez que un vehículo realiza un giro disminuye su velocidad esto se conoce como zona de rebaje, el software no realiza los giros como comúnmente lo realiza un vehículo, por ello que se establece un tiempo que permita simular el giro que realizaría el vehículo. Para este estudio se determinó la reducción de velocidad del giro en 5 segundos (0,084 minutos). La figura N° 4 describe el ajuste de la velocidad que supone el giro.

Figura 4.**Esquematación de la justificación del ajuste de la velocidad en función del giro**

Fuente: modificado de Barrientos (2007)

Tiempo de salida: se establece el lapso que demoraría un organismo de atención desde el momento que se realiza la llamada de emergencia hasta que se alistan y salen a socorrer el evento. Se entrevistó a los responsables de varios organismos de atención y se estimó el tiempo de salida en un minuto.

Resultados y discusión

Es intención de este artículo mostrar una aplicación de las herramientas tecnológicas de información geográfica con información disponible, con el propósito que contribuyan con la planificación, preparación y ejecución de planes de emergencia por parte de los organismos de atención ante eventos siconaturales, de los cuales pueda verse afectado en el Municipio Libertador de Caracas. Se establecieron cuatro escenarios, en cada uno se explica cómo pueden ser utilizadas las funcionalidades que ofrece la extensión Network Analyst de ArcGIS® en la atención de emergencias. Los escenarios son situaciones hipotéticas que en este caso están asociados a eventos siconaturales que tienen muy alta probabilidad de ocurrencia (máximo nivel de amenaza), los cuales surgen del mapa de amenaza múltiple (FUNVISIS, 2014). Los organismos de atención de emergencias, tal como se ha reiterado deben realizar recorridos hasta la zona del evento para salvaguardar la vida y los bienes de las personas empleando el menor tiempo.

Escenario 1. Calculo de la ruta más óptima (Costes: tiempo y distancia).

En este escenario se comparó la ruta más óptima por distancia y la ruta más óptima por tiempo que debe recorrer un organismo de rescate para la atención de un evento de socionatural. Las características del escenario planteado se describen a continuación.

Cuadro 5.
Características del evento: deslizamiento

Evento	Zona	Hora	Organismo de Rescate
Deslizamiento por lluvia	Sector Las Torres, Parroquia La Vega	8:00 am	Cuerpo de Bomberos del Distrito Capital, Estación El Paraíso

Fuente: elaboración propia

El sector Las Torres de la Vega, se ha caracteriza por ser una zona de alta inestabilidad de laderas, así lo refleja el mapa de Peligro de Deslizamiento por Lluvia (FUNVISIS, 2014), sin embargo un informe más detallado como el elaborado por la Alcaldía de Caracas a través del Instituto Municipal de Gestión de Riesgos y Administración de Desastres (IMGRAD) del año 2016 concluye que la zona es susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa debido a sus condiciones de sitio. En el cálculo de la ruta más óptima se tomó en cuenta las velocidades promedio en hora pico para la mañana debido a la hora del evento. Se eligió como organismo de rescate aquel que se encuentra ubicado más cercano y se tomó como evento, un deslizamiento por lluvia categorizado como peligro muy alto.

Los resultados obtenidos por el modelo reflejan dos resultados, uno centrada con la mejor ruta por distancia y el otro centrada en el tiempo. En primer lugar, la ruta óptima por distancia está trazada para recorrer la menor cantidad de metros entre el organismo de rescate y el evento, sin tomar en cuenta parámetros como tiempo de recorrido ni la jerarquía vial, mientras que la ruta más óptima por tiempo toma en consideración la mejor vía que puede llegar en el menor tiempo, en este caso se eligió una vía de mayor jerarquía (expresa) puesto que tiene mayor promedio de velocidad reduciendo así el tiempo de llegada. En el siguiente cuadro se muestran comparación de ambas rutas

Cuadro 6.
Comparación de la ruta más óptima por distancia y tiempo

Ruta más óptima (Distancia)		Ruta más óptima (Tiempo)	
Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)
7774,4	30	9067,4	22

Fuente: elaboración propia

El organismo de atención tomará la ruta que le permita llegar en el menor tiempo al lugar del evento, por ello esta herramienta reviste importancia al proporcionar información cartográfica a estos organismos sobre cual ruta tomar, lo que contribuye mejorar la planificación y la toma de decisiones.

Esta herramienta permite identificar la instalación más cercana a un incidente, en este caso las instalaciones están representadas por los organismos de atención y los incidentes por las áreas de mayor probabilidad de ocurrencia de un evento socionatural, el resultado son un conjunto de rutas que especifican los costes de viaje.

Cuando ocurre una emergencia se requiere determinar con precisión cuál es la estación que se encuentra más cerca del evento, esta herramienta es de gran utilidad para determinar el organismo más idóneo para socorrer el evento, y con ello reducir los costos de viajes.

En este escenario se plantea la ubicación de cuatro zonas del municipio donde puede ocurrir un deslizamiento por lluvia, se pretende identificar los dos organismos de atención que pueden llegar en el menor tiempo a estas zonas, a una hora pico en la mañana. Con estos parámetros el software devuelve un mapa donde se identifican las instalaciones más cercanas al evento con sus respectivas rutas especificando los costes de tiempo como se muestra en la figura 4.

Figura 5.
Rutas más óptimas por distancia y tiempo para atender un deslizamiento en La Vega, Municipio Libertador.

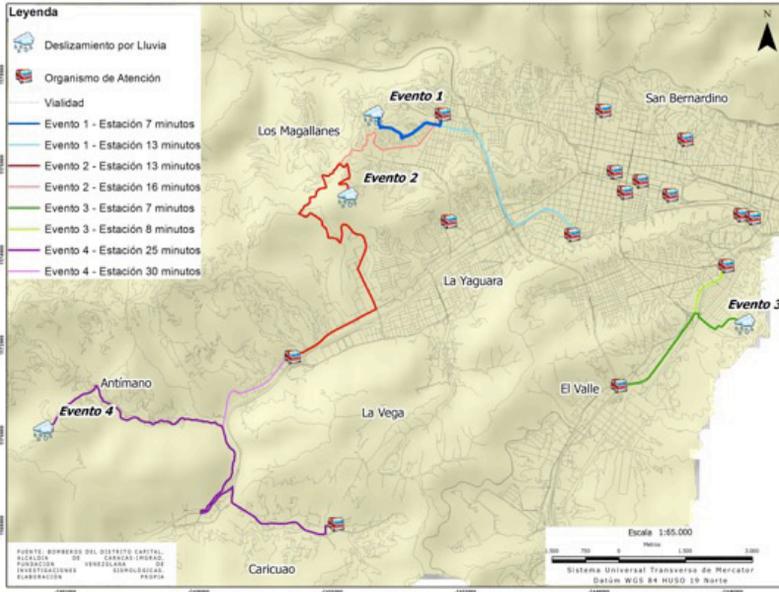


En este mapa se aprecia como el modelo propone las rutas de los dos organismos de respuesta que pueden llegar en el menor tiempo para atender una emergencia, este mapa refleja además que no siempre la menor distancia puede significar la mejor ruta en términos de tiempo. En caso del evento N° 1 el organismo más cercano al lugar del evento puede llegaría en 7 minutos y el segundo organismo en 13 minutos, sin embargo, en el evento N° 2 el organismo que está a una menor distancia tardaría 16 minutos mientras que un organismo más alejado pero con mejor acceso a una vía rápida (autopista) arribaría en 13 minutos reduciendo el tiempo de respuesta.

Otra funcionalidad de esta herramienta consiste en establecer las instalaciones más cercanas definiendo un tipo de coste (ESRI, 2011), en este caso, y como ejemplo, se desea encontrar los organismos de atención que están a 6 minutos o menos³ de una zona de alta amenaza sísmica en hora pico de la mañana. El resultado se puede apreciar en un mapa, y en este caso con 5 organismos de respuestas que están a 6

3 Se estableció un tiempo al azar, lo que se pretende es, demostrar que al modelo se le puede incluir el tiempo que el usuario requiera según la necesidad de la emergencia

Figura 6.
Mapa de la instalación más cercana a un evento Escenario 2. Instalación más cercana



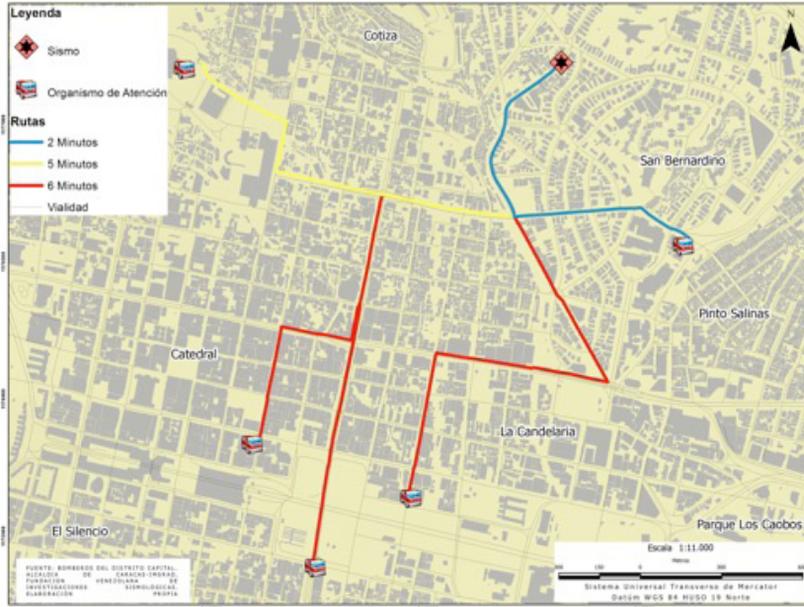
José Acuña

minutos o menos del lugar del posible evento, y además con sus respectivas rutas como se muestra en la figura N°5

De los cinco organismos de atención, tres de ellos pueden llegar al lugar del evento en 6 minutos, uno en 5 minutos y el otro organismo en 2 minutos, esta situación es útil en casos donde se tenga que atender varias emergencias al mismo tiempo, mientras que el organismo más cercano en cuanto a tiempo atendería la emergencia por evento sísmico al resto de los organismos se le asignarían las otras emergencias, esto evitaría retrasar la ayuda, y mejoraría la asignación para atención de emergencias de cada organismo según los costes de tiempo .

En ambos casos se muestra como esta herramienta permite contribuir en la toma de la decisión más acertada en cuanto a la atención de un evento teniendo múltiples opciones para el rescate, mediante la elección de la estación que se encuentra más cercana al evento lo que implica la reducción de costes.

Figura 7.
Instalaciones de atención de emergencia que se encuentra a 6 minutos o menos de un evento sísmico, municipio Libertador

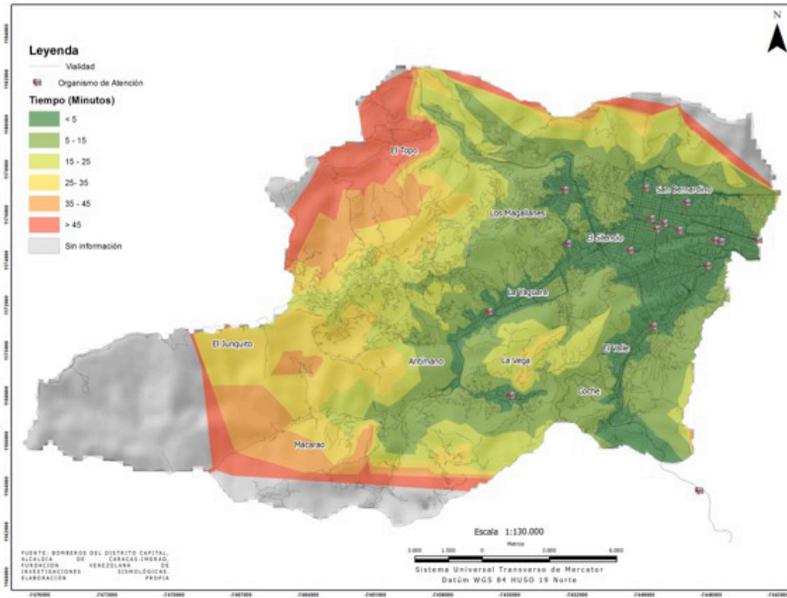


Atención de emergencias ante eventos socio-naturales y las Tecnologías de Información Geográfica.
Caso: Municipio Bolivariano Libertador de Caracas

Escenario 3. Área de servicio

En este escenario se establece el área de servicio o área de cobertura medida en tiempo que tardarían en llegar los organismos de atención del Municipio Libertador en caso de alguna emergencia. Esta herramienta genera un mapa de servicio con la distribución espacial del tiempo que tardaría en llegar un organismo en todo el territorio que conforma el municipio Libertador, se generaron tres resultados, el primero de ellos corresponde a un área de servicio o atención de emergencia con el promedio de velocidad de la hora pico en la mañana, el segundo con el promedio de velocidad de la hora pico en la tarde y el último con el promedio de velocidad del resto del día. A continuación se presenta la distribución espacial de tiempo a emplear en cada uno de ellos.

Figura 8.
Área de Servicio en hora pico mañana, en el municipio Libertador según tiempo



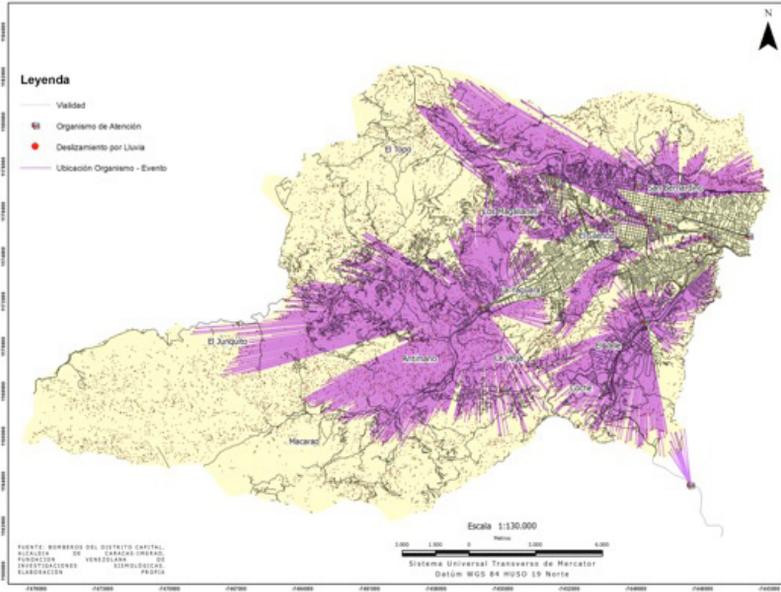
José Acuña

En horas de la mañana se presentan los mayores promedios de tiempo de repuestas en el municipio. El mapa denota que en zonas periféricas (norte, noroeste y sur) se registran tiempos de repuestas que superan 45 minutos, estas zonas tienen alta concentración de vías locales donde los promedios de velocidad no superan 15 km/h caracterizadas por ser estrechas y sinuosas debido a las características topográficas (zonas como: El Junquito, Antímano, La Vega entre otras). Mientras que en la zona céntrica de la ciudad la capacidad de respuesta no supera los 5 minutos, esto se debe a la cantidad de vías de mayor jerarquía vial y al emplazamiento de un mayor número de organismos (La Candelaria, El Silencio, El Recreo entre otras).

En horas de la tarde el área de servicio se reduce los tiempos de repuestas en comparación con la hora de la mañana, especialmente en las zonas periféricas (norte, noroeste y sur de la ciudad), sin embargo, y a pesar de ello los promedios son altos para la atención de emergencia en estas zonas, donde hay mayor probabilidad de

Figura 11.

Ubicación y asignación de los organismos de atención ante eventos de deslizamientos por lluvia que están a menos de 5 minutos, municipio Libertador



- De los 17 organismos de atención que hay en el municipio solo 9 cumplen con el parámetro establecido.
- Del total de zonas categorizadas como muy alto peligro por deslizamiento el 38% de ellas pueden ser atendidas por los organismos de atención.
- La estación de Bomberos Antímamo del Distrito Capital por su ubicación puede atender la mayor cantidad de eventos.

CONCLUSIONES

Las Tecnologías de Información Geográfica contribuyen al mejoramiento de la atención de emergencias porque facilitan la búsqueda de soluciones asociadas a la red vial buscando las mejores opciones de rutas que permitan disminuir los costos de viaje entre el organismo de atención y el evento. La herramienta Network Analyst de ArcGIS® (ESRI) cuenta con gran cantidad de herramientas y funcionalidades

Atención de emergencias ante eventos socio-naturales y las Tecnologías de Información Geográfica.
Caso: Municipio Bolivariano Libertador de Caracas

que permiten realizar un análisis espacial asociada a esta problemática de la cual se pueden apoyar las instituciones encargadas de llevar a cabo la atención para el mejoramiento de los servicios de emergencias, el análisis de cada funcionalidad permite encontrar soluciones a los problemas asociados a la atención de emergencias. El principal análisis de coste que deben realizar los organismos de atención están referidos al tiempo de llegada, el mejoramiento de este parámetro permite aumentar eficazmente la calidad de los servicios de atención.

Los estudios de movilidad urbana son imprescindibles para realizar este análisis, estos reflejan el comportamiento de tráfico en la ciudad en distintas horas del día, por ello es recomendable actualizar este tipo de estudios y utilizarlos en la planificación y ejecución de estos servicios. Los eventos por deslizamiento por lluvia en el municipio Libertador año a año ocasionan consecuencias negativas para la población y se convierten en emergencias que deben ser atendidas, estas herramientas permiten mejorar los planes de atención ante estos eventos.

Los sectores donde hay mayor cantidad de zonas con peligro de deslizamiento por lluvias corresponden a las áreas de atención de servicios que tienen los mayores tiempos de respuestas tanto en horas pico como el resto del día, esta situación debe ser tomada en cuenta por las autoridades para mejorar la atención en estas zonas. Por otra parte, las zonas categorizadas como de amenaza sísmica alta, tienen los menores tiempos de respuestas, es decir, que una emergencia que se presente en esta zona será atendida con gran prontitud además la concentración de estaciones que pueden atender la emergencia es muy alto.

José Acuña

AGRADECIMIENTO

Las figuras que representan los mapas elaborados en este artículo fueron creados usando el software ArcGIS® de ESRI. ArcGIS® y ArcMap™ son propiedad intelectual de ESRI y se utilizan aquí bajo licencia Copyright © ESRI. Todos los derechos reservados. Para obtener más información acerca del software ESRI®, visite www.esri.com.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRIENTOS, M (2007). *Network Analyst, El Análisis de Red de ArcGIS 9.2*. Pontificia Universidad de Valparaíso, Chile. Documento en Línea. Disponible en http://gabrielortiz.com/descargas/Network_Analyst_9_2.pdf. [Consultado: 2016, agosto 28]

- CASTELLANOS, L. y LÓPEZ, M (2015). *Estimación de rutas y tiempos de respuesta de los organismos de socorro en la ciudad de Manizales, apoyado en herramientas SIG*. Universidad de Manizales, Colombia. Trabajo Especial de Grado. Documento en Línea. Disponible en <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/2495>. [Consultado: 2016, agosto 30]
- ESRI, (2011). *Ayuda ArcGIS: Versión 10.1*. Redlands, CA: Enviromental Systems Research Institute.
- EZQUERRA-CANALEJO, A. et al (2016). *Estudio comparativo de la aplicación de los modelos de fragmentación de hábitats y accesibilidad a la fragmentación urbana*. XVII Congreso Nacional de Tecnologías de Información Geográfica Julio 2016. Málaga, España. Documento en Línea. Disponible en: http://www.age-geografia.es/tig/2016_Malaga/Ezquerra-Canalejo.pdf. [Consultado: 2016, agosto 25]
- FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS (FUNVISIS) (2014). *Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas*. Caracas, Venezuela.
- INSTITUTO MUNICIPAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y ADMINISTRACIÓN DE DESASTRES (IMGRAD) (2016). *Estimación de los niveles de susceptibilidad asociados a movimientos de remoción en masa en el corredor La Vega del municipio Libertador, Distrito Capital*. Documento no publicado.
- JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) (2005). *Estudio sobre el Plan Básico de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas en la República Bolivariana de Venezuela*, Informe Final. PCI/OYO
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO (MINDUR) (1981). *Manual de Vialidad Urbana*. República de Venezuela.
- MORÁIS, A. L. (2004). *Análisis de la situación actual de los servicios urbanos del Área Metropolitana de Caracas. Sistema de Transporte*. Alcaldía Metropolitana de Caracas.
- MURILLO, B. (2016). *Cálculo del tiempo de repuesta y rutas para la atención de emergencias urbanas del municipio de Puerto Asis*. Universidad de Manizales, Colombia. Trabajo Especial de Grado. Documento en Línea. Disponible en:

<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/handle/6789/2605>. [Consultado: 2016, agosto 20].

OLAYA, V. (2009). *Sistemas de Información Geografica*. Documento en Línea. Disponible en: <http://volaya.github.io/libro-sig/> [Consultado: 2017, Abril 20].

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO) (2009). *Análisis de Sistemas de Gestión de Riesgos de Desastres*. Roma, Italia, Naciones Unidas. Documento en Línea. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i0304s.pdf> [Consultado: 2017, Julio 20].

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA (UNESCO) (2011). *Manual de Gestión del Riesgo de Desastre para Comunicadores Sociales*. UNESCO. Documento en Línea. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002191/219184s.pdf>. [Consultado: 2016, Diciembre 15].

SOTRAVIAL/UCV (2007). *El Caos Vial de Caracas: un enfoque holístico*. Departamento de Ingeniería Vial, Facultad de Ingeniería. Caracas: Universidad Central de Venezuela.

SCHMITZ, M., HERNÁNDEZ, J., MORALES, C., et al (2011). *Principales resultados y recomendaciones del proyecto de microzonificación sísmica de caracas*. Rev. Fac. Ing. UCV, Caracas, v. 26, n. 2, jun 2011. Documento en Línea. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079840652011000200011&ln-es&nrm=iso ISSN 0798-4065 [Consultado: 2016, agosto 15].

“Los mapas elaborados en este artículo fueron creados usando el software ArcGIS® de ESRI. ArcGIS® y ArcMap™ son propiedad intelectual de ESRI y se utilizan aquí bajo licencia Copyright © ESRI. Todos los derechos reservados. Para obtener más información acerca del software ESRI®, visite www.esri.com.”

JOSÉ ACUÑA. Licenciado en Geografía en la Universidad Central de Venezuela (2009). Actualmente cursando estudios en la Especialización en Geomática Facultad de Agronomía – UCV. Miembro e investigador del Instituto Municipal de Gestión de Riesgos y Administración de Desastres de la Alcaldía del Municipio Libertador de Caracas.

jaaz003@gmail.com