

**COBERTURA DE LOS ORGANISMOS DE SOCORRO EN TÉRMINOS DE SU
TIEMPO DE RESPUESTA EN LA CIUDAD DE MANIZALES APOYADO LA
HERRAMIENTA NETWORK ANALYST DE ARCGIS.**

**MARIA LORENA BEDOYA ARIAS
DAVID BEDOYA MUÑOZ**



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
MANIZALES
2017**

**COBERTURA DE LOS ORGANISMOS DE SOCORRO EN TÉRMINOS DE SU
TIEMPO DE RESPUESTA EN LA CIUDAD DE MANIZALES APOYADO LA
HERRAMIENTA NETWORK ANALYST DE ARCGIS.**

**MARIA LORENA BEDOYA ARIAS
DAVID BEDOYA MUÑOZ**

Proyecto de Investigación con coinvestigadores

Investigador Principal
JOHNATAN VALLEJO CARDONA
Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
MANIZALES
2017**

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Luis Carlos Correa Ortiz y a mis demás profesores, por contribuir a mi proceso formativo.

Al investigador principal Johnatan Vallejo Cardona quien me acogió y me brindo todo su apoyo en este proceso, por la paciencia y enseñanzas que me brindo para llevar a cabo esta co - investigación.

Al directo de la facultad de ciencias e ingeniería por permitirme llevar a cabo esta co-investigación.

A la Universidad de Manizales por permitir la realización de este proyecto para culminar mi carrera profesional.

CRÉDITOS

Las personas que participaron en este proyecto fueron las siguientes:

| NOMBRE COMPLETO | ROL | CORREO ELECTRÓNICO |
|---------------------------|------------------------|------------------------------|
| Johnatan Vallejo Cardona | Investigador principal | jvallejoc@umanizales.edu.co |
| María Lorena Bedoya Arias | Coinvestigador | marialorenaarias34@gmail.com |
| David Bedoya Muñoz | Coinvestigador | davidbedoyam@gmail.com |

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

**<NOMBRE COMPLETO>
EVALUADOR**

**<NOMBRE COMPLETO>
EVALUADOR**

**<NOMBRE COMPLETO>
EVALUADOR**

Manizales, 02 de Noviembre de 2017

CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1. ÁREA PROBLEMÁTICA | 12 |
| 2. OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL | 14 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 15 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 16 |
| 4.1. MARCO CONCEPTUAL..... | 16 |
| Plan Integral de Gestión del Riesgo en Manizales – Evolución | 17 |
| 4.2. ANTECEDENTES..... | 19 |
| 4.3. HERRAMIENTA NETWORK ANALYST DE ArcGIS | 22 |
| 4.4. NORMATIVIDAD EN COBERTURA Y TIEMPOS DE RESPUESTA..... | 28 |
| 5. METODOLOGÍA | 29 |
| 5.1 TIPO DE TRABAJO | 29 |
| 5.2 PROCEDIMIENTO | 29 |
| 5.2.1 Fase 1. Herramienta Network Analyst ArcGIS..... | 29 |
| 5.2.2 Fase 2. Determinar la cobertura y los tiempos de respuesta reales a partir de la descripción espacial y la normativa existente. | 29 |
| 5.2.3 Fase 3. Estimar las posibles ubicaciones de los próximos organismos de socorro que prestan el servicio a emergencias. | 30 |
| 6. RESULTADOS | 31 |
| 6.1 INSTALACIÓN MÁS CERCANA Y RUTA ÓPTIMA..... | 31 |
| 6.2 COBERTURA DE LOS ORGANISMOS DE SOCORRO | 32 |
| 7. CONCLUSIONES | 35 |
| 8. RECOMENDACIONES | 36 |
| BIBLIOGRAFÍA | 37 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Elementos constitutivos de un SIG | 17 |
| Figura 2. Hechos destacadas en la gestión del riesgo en Manizales. | 18 |
| Figura 3. Vecino más cercano, Centro de Gravedad Simple y Radio de Influencia | 19 |
| Figura 4. Ventana Network Analyst instalación más cercano | 24 |
| Figura 5. Tabla de contenido Network Analyst centro más cercano | 25 |
| Figura 6. Ventana Network Analyst área de cobertura | 26 |
| Figura 7. Tabla de contenido Network Analyst área de servicio | 27 |
| Figura 8. Instalación más cercana y ruta optima | 31 |
| Figura 9. Cobertura actual de los organismos de socorro en Manizales | 32 |
| Figura 10. Propuesta nuevos organismos de socorro en Manizales | 33 |
| Figura 11. Nueva cobertura de la ciudad de Manizales con organismos de socorro actual y propuesto. | 34 |

GLOSARIO

Dataset de Red: Los datasets de red son apropiados para modelar redes de transporte. Se crean a partir de entidades de origen, que pueden incluir entidades simples (líneas y puntos) y giros, y almacenar la conectividad de las entidades de origen.

Grafos: La aplicación de la teoría de grafos responde principalmente a un análisis descriptivo explicativo, es decir, al estudio morfométrico de las redes para conocer su estructura y desarrollo, y toma relevancia en este proyecto como herramienta de análisis vial como factor para determinar el tiempo de respuesta

Organismos de Socorro: En Colombia, entre los organismos de socorro se encuentran la Defensa Civil Colombiana, el Sistema Nacional de Bomberos, la Cruz Roja Colombiana, entre otros, desempeñando sus funciones como componente esencial del desarrollo cultural, social y como elemento clave del fortalecimiento de las capacidades personales, la consolidación de los derechos humanos, el desarrollo sostenible, la democracia y la paz, en un marco de justicia. Estas instituciones tienen presencia en todo el territorio colombiano y están al servicio de la nación, de su independencia cultural, política y tecnológica, para contribuir a preservar el patrimonio del pueblo, sus recursos naturales y su medio ambiente. Tanto la Defensa Civil Colombiana como los demás organismos de socorro mencionados anteriormente participan en la atención de la emergencia natural: inundaciones, terremotos, incendios forestales, accidentes terrestres, aéreos y fluviales, huracanes, sismos, entre otros; participan en la atención de la emergencia social: desplazados, marginados, pobreza, droga, sida, violencia y medio ambiente, entre otros; así mismo, participan de la emergencia ambiental: prevención de la contaminación, reciclaje, reforestación, entre otros.

SIG : Sigla para Sistema de Información Geográfica. Es un sistema empleado para describir y categorizar la Tierra y otras geografías con el objetivo de mostrar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente. Este trabajo se realiza fundamentalmente con los mapas.

Tiempo de respuesta: El tiempo de respuesta se define como el tiempo que pasa desde que se envía una comunicación y se recibe la respuesta.

RESUMEN

Este trabajo presenta un análisis de los tiempos de respuesta y la cobertura dada por los organismos de socorro en el área metropolitana, a través de la implementación y manejo de las herramientas SIG, tales como ArcGIS, evidenciando un estudio de redes teniendo como variables significativas, distancia, tiempo y velocidad. Se exponen algoritmos para los cálculos de cobertura y tiempo de respuesta y se estiman posibles ubicaciones de los organismos de socorro próximos que prestan el servicio de atención a emergencias en el casco urbano, gracias a las mencionadas herramientas se presentan resultados de tiempo de respuesta que ostenta la ciudad de Manizales en materia de accidentalidad.

Palabras Clave: Organismos de Socorro, Riesgo, Atención de Desastres, SIG, tiempo de respuesta.

ABSTRACT

This paper presents an analysis of the response times and the coverage given by the relief agencies in the metropolitan area, through the implementation and management of the GIS tools, such as ArcGIS, evidencing a study of networks having as significant variables, distance, time and speed. Algorithms are exposed for coverage and response time calculations and possible locations of nearby relief agencies that provide emergency service in the urban area are estimated, thanks to the aforementioned tools are presented response time results that show the city of Manizales regarding accidents.

KEYWORDS: Organizations of Relief, Risk, Disaster Assistance, SIG, response time.

INTRODUCCIÓN

“Manizales es un espacio complejo, en ella se encuentran áreas industriales, comerciales, de servicios, barrios de todos los estratos y condiciones económicas, calles, parques y otros espacios públicos que conforman relaciones que van modificando el espacio de manera permanente [1]”. Abordar el estudio de los equipamientos sociales, de manera específica los institucionales tiene un profundo impacto para la geografía urbanística, pues en esencia la ubicación que lleguen a tener en el espacio físico de la ciudad los organismos de socorro, serán los que determinen la viabilidad de la prestación de los servicios que pueden brindar a la comunidad, no es por azares del destino o por un mero capricho de la aleatoriedad que estén situados en donde están, tras esta ubicación geográfica, existe un fundamento y razón de ser. En la ciudad de Manizales dichos organismos están situados atendiendo no solo de manera estratégica una distribución dentro de la urbe manizaleña, si no también tomando en consideración el factor social.

La intención del presente estudio es presentar de manera detallada un análisis de la ubicación espacial de los organismos de socorro vinculados a brindar atención de emergencias y desastres a la capital caldense, tomando en consideración para ello la delimitación geográfica, la capacidad de cobertura actual, determinando no solo la cobertura y tiempos de respuesta, también la ubicación idónea para la construcción de nuevas sedes necesarias, con miras a una oportuna prestación de los servicios

Esta investigación se convertirá en un instrumento eficaz para el ordenamiento territorial, ya que permite generar políticas públicas que implementen estrategias territoriales dirigidas a dar balance al espacio geográfico y la distribución equilibrada de los equipamientos institucionales, que busca entre sus objetivos mejorar la seguridad y la calidad de vida de los habitantes de nuestra ciudad. Finalmente, y como elemento a destacar está la articulación del presente proyecto con el subprograma de investigación de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, la cual se encuentra explícita en la medida que los desarrollos asociados a los Sistemas de Información Geográfica – SIG - están ligados al componente de Sistemas de Información, uno de los vértices del subprograma [2]. De manera adicional apunta directamente al desarrollo social de Manizales y al de sus entes gubernamentales, tal como lo evidencia el núcleo mismo del subprograma: “Los sistemas y las tecnologías de la información y la comunicación se corresponden con el desarrollo social y de organizaciones, en la medida en que potencian el diseño y la implementación de sistemas que permiten la gestión eficaz de la información y el conocimiento para la toma de decisiones en problemas de contexto” [2].

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

Los organismos de socorro tienen como objetivo principal brindar una atención inmediata a la sociedad en caso de desastres, contingencias ocasionales, emergencias, entre otros eventos que amenacen la vida de cualquier persona sin discriminar género, raza, idioma, religión o condición social; además, les compete desarrollar programas de concientización, prevención e intervención que ayuden a evitar y disminuir el índice de accidentalidad y mortalidad en la ciudad, como lo estipula el artículo 2° de la Constitución Política de Colombia –inciso 2°. En algunos casos el tiempo de respuesta de los organismos de emergencia no es acorde al lapso estipulado, este fenómeno se presenta tanto al momento de llegar al punto donde se encuentra la emergencia como al momento de transportar los pacientes al centro de salud correspondiente. El tiempo es una de las variables que más afecta a las víctimas y con la que se deben enfrentar los organismos de emergencias a diario, pues depende de éste la atención oportuna e incluso la vida de las personas que se encuentran en una situación crítica, es importante atender en termino los incidentes con el fin de impedir que su estado de salud se vea seriamente comprometido.

Uno de los factores que influyen en el tiempo de respuesta que tienen los organismos de socorro es la congestión vehicular existente, la cual tiene su génesis en el volumen de automóviles que ostenta la ciudad (un aproximado de 50.000 vehículos circulantes diariamente), otros factores que influyen son los estados de las vías por las que tienen que transitar los automotores, pues dicho aspecto puede incidir en el retraso de la respuesta dada. La movilidad es otro factor a considerar, este afecta los tiempos de respuesta de manera significativa, es la falta de conocimiento sobre vías alternas de la ciudad, lo que ocasiona que solo se utilicen las vías principales, pues para el ciudadano común en su afán de llegar a su destino optará de manera casi mecánica por realizar su recorrido por la malla vial más conocida, generando una densidad del flujo vehicular a considerar.

Este proyecto delimitado en principio para ser realizado en el municipio de Manizales, se enfoca en esencia en determinar las zonas de cobertura y los tiempos de respuesta de los organismos de socorro; están involucrados además de los organismos de emergencia, las secretarías del municipio, la corporación autónoma y demás entes asociados a la gestión de riesgo, no sólo proporcionando información útil y necesaria para la construcción de un plan integral de la gestión de riesgo; sino en su ejecución.

De manera puntual el proyecto pretende dar respuesta a los siguientes interrogantes: ¿Cuál es la cobertura actual del sistema de atención de emergencias de Manizales?, ¿Cuáles son los sitios en los que se hace necesario aumentar la cobertura de los organismos de emergencia? Una vez se satisfagan los anteriores interrogantes, se aportará nuevos elementos que contribuyan a la descripción de la situación actual de la gestión de riesgo en el municipio, así como a la generación de política pública que contribuya a mejorar la atención no solo de los organismos de socorro, sino de la administración municipal y los entes vinculados.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Estimar la cobertura de los organismos de socorro en la ciudad de Manizales, en términos de su tiempo de respuesta, mediante la herramienta *Network Analyst* de ArcGIS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los requerimientos de la herramienta *Network Analyst* comprendiendo los algoritmos que utiliza y su alcance.
- Realizar los cálculos de cobertura y tiempo de respuesta de los organismos de socorro en la ciudad de Manizales mediante la herramienta *Network Analyst*
- Estimar las posibles ubicaciones de los próximos organismos de socorro que presten el servicio de atención de emergencias sin algún tipo de restricción y que estén dentro de un rango de cobertura delimitado.

3. JUSTIFICACIÓN

Una constante falencia al momento de atender emergencias, es el tiempo que tardan los organismos de socorro para llegar al punto del acontecimiento de cualquier siniestro y al momento de transportar a los pacientes hacia un centro de salud, si es necesario. Es importante para estos organismos tener pleno conocimiento constante y actualizado del estado de las vías, la movilidad y tráfico de las vías principales y alternas de la ciudad, así como el estado de las mismas, con el fin de que al momento de emprender con una respuesta a emergencia puedan hacer uso de vías alternas y así reducir el tiempo de respuesta con uso de las TIC como las herramientas SIG.

Por otro lado, se encuentran los centros de salud que brindan el apoyo a emergencias, los cuales están ubicados en puntos estratégicos para que al momento de ser requerido el servicio de atención especial, las personas que se encuentren atendiendo la emergencia sepan cual es el lugar más cercano y puedan prestar de un servicio más eficaz, sin pérdida de tiempo y teniendo en cuenta los niveles de atención del puesto de salud.

Se pretende realizar un estudio detallado de la ubicación espacial y el análisis de los equipamientos urbanos, en este caso los organismos de socorro vinculados a la atención de emergencias y desastres, en la ciudad de Manizales, determinando no solo la cobertura y tiempos de respuesta a emergencias sino la ubicación adecuada para la construcción de nuevas sedes de los organismos necesarios para la oportuna prestación de los servicios y una mejor cobertura.

Este estudio se convertirá en un instrumento eficaz del ordenamiento territorial que generará política pública y un impacto social significativo, ya que constituye una de las estrategias territoriales dirigidas al balance de un espacio geográfico y la distribución equilibrada de los equipamientos institucionales, que busca entre sus objetivos mejorar la seguridad y la calidad de vida de las personas.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. MARCO CONCEPTUAL

A continuación una primera aproximación a los elementos conceptuales asociados al presente proyecto.

Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son sistemas informáticos que están diseñados para mostrar las características físicas y humanas de la tierra contenida en una base de datos con datos cartográficos y alfanuméricos que permite disponer de manera rápida información geográfica para la toma de decisiones, estos sistemas tienen como prioridad las variables de tiempo y espacio lo que los hace totalmente indispensables para generar medición de tiempos de respuesta frente algún suceso. Un sistema de esta índole separa la información en diferentes capas temáticas y las almacena de manera independiente, permitiendo trabajar con ellas de manera eficaz, rápida y sencilla; Facilitando al usuario la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podría obtenerse de otra forma.

Es vital señalar, desde los años setenta se inicia con el desarrollo de los SIG y gracias al gran avance de los sistemas informáticos, los SIG han evolucionado exponencialmente hasta lo que tenemos en la actualidad, la definición y características ha cambiado a través del tiempo, sin embargo es posible verlos en términos de su funcionalidad, “un SIG es una herramienta tecnológica para comprender la geografía y tomar decisiones inteligentes” [3].

Adicionalmente Vila [4] menciona las principales características de un SIG, las cuales están acorde con la definición presentada anteriormente, se destacan:

- ✓ Sistema de representación referenciado con entidades gráficas (puntos, líneas, símbolos, etc.)
- ✓ Dispone de una base de datos adjunta, que permite realizar consultas y simulaciones.
- ✓ Dispone de un lenguaje de programación que permite la implementación de nuevas aplicaciones para dar respuesta a nuevas necesidades de los usuarios.

- ✓ Dispone de un sistema de importación y exportación de datos gráficos y alfanuméricos.

Debido a las propiedades mencionadas, los SIG se han tornado indispensables para los administradores y planificadores del territorio como un mecanismo en la toma de decisiones. Para lograr este objetivo, todos los datos en el SIG se almacenan por separado en diferentes capas y se utilizan de acuerdo con el propósito deseado [5]. Cabe anotar que a la par del desarrollo de estos sistemas de se han desarrollado herramientas de publicación de esta información que amplían el espectro de utilidad de estos programas tanto en niveles académicos como empresariales. La figura 1 muestra la estructura básica de un SIG.

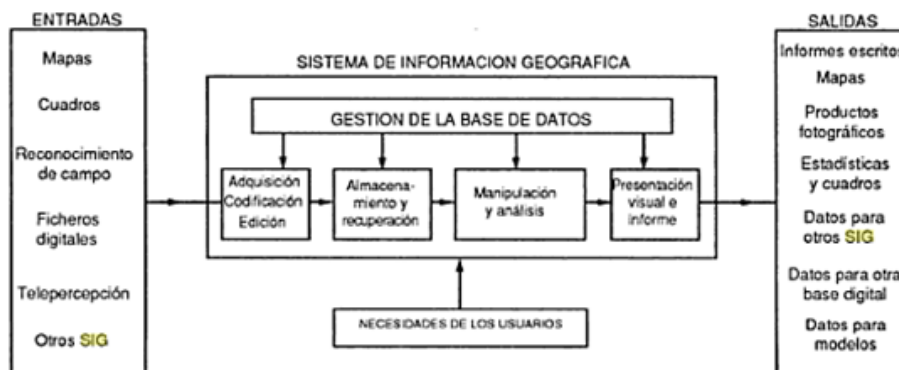


Figura 1. Elementos constitutivos de un SIG [6]

Plan Integral de Gestión del Riesgo en Manizales – Evolución

Debido en gran parte a las diferentes tragedias que han abatido a nuestra ciudad desde su fundación y consolidación como centro urbano, se ha tomado muy seriamente el asunto de la prevención de riesgos y se invirtió no solo más tiempo en la busca de nuevos mecanismo que ayuden a mitigar el tema de accidentalidad y desastres sino que también se presenta una gran inversión económica sobre la materia. Múltiples muestras de políticas públicas asociadas a la prevención de desastres son notorias en Manizales [7].

La siguiente figura ilustra la evolución de la prevención y atención del riesgo en la ciudad de Manizales:



Algunos hechos importantes ...

Deslizamientos: Ley 7ª de Octubre 27 de 1969 - y 40 de 1971: Creación de CRAMSA

70's Comité Local de Emergencias - Creación GER

1979 - Terremoto en Manizales. Código de Construcciones y Urbanizaciones

80's

1981 - Código Construcciones Sismoresistentes

Mediados 80: reactivación del volcán Nevado del Ruiz

14 de noviembre de 1985: Creación del Comité Regional de Riesgo Volcánico

29 de agosto de 1987: Creación de Comités Locales y Regionales de Emergencia

Decreto Ley 919 de 1989: Proyecto de Manejo Integral de Prevención de Emergencias

90's - a hoy

1991 - 1993: Creación de CORPOCALDAS

2003: Plan de emergencias

2004 - Índice de Gestión del Riesgo

HOY

Plan Integral de Gestión del Riesgo

Figura 2. Hechos destacados en la gestión del riesgo en Manizales. Construcción propia a partir de [8].

4.2. ANTECEDENTES

En la Universidad Nacional del Litoral, dentro de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Pusineri [9] realizó un proyecto titulado “Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la prevención de riesgos y la formulación de planes de contingencia en inundaciones” en el que involucra información referente al estado de la infraestructura –hospitales, escuelas, sedes estatales como policía y bomberos, lugares de esparcimiento- del área de estudio, vinculando variables socio económicas de la población, redes viales, entre otras, para determinar el riesgo de inundación y las áreas de evacuación, a la luz de la información de un evento específico ocurrido en 2003.

Al interior del programa de Especialización en Sistemas de Información Geográfica de la Universidad de Manizales, como requisito parcial de grado se realizó el trabajo titulado Análisis Espacial de las Estaciones de Bomberos en el Área Urbana del Municipio Santiago de Cali para el Año 2014, Estimación de su Cobertura y Tiempo de Respuesta, en el cual se da a conocer la distribución espacial que presentan las estaciones de bomberos en el municipio de Santiago de Cali, por medio de técnicas de estadística espacial como lo es el índice RN y el centro de gravedad simple, también se muestra a través de análisis de redes, y teniendo en cuenta distancia, tiempo y velocidad, la cobertura que presentan en servicio las estaciones de bomberos [10]. Teniendo en cuenta lo anterior, este análisis permitirá la toma de decisiones por parte del organismo municipal encargado de los organismos de socorro en el municipio de Cali. Uno de sus resultados puede observarse en la figura 3.

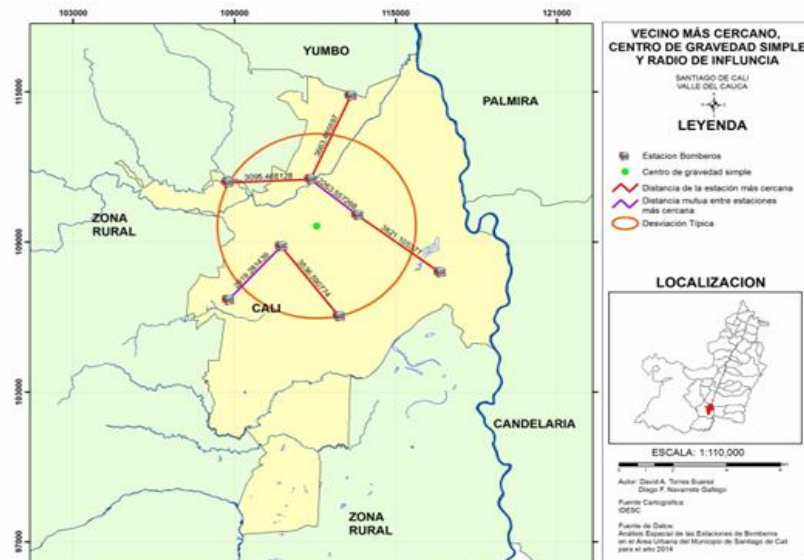


Figura 3. Vecino más cercano, Centro de Gravedad Simple y Radio de Influencia [10].

El proyecto referenciado tiene características similares a las que se quieren obtener con este estudio, con la marcada diferencia que se pretende tener un control y análisis no sólo de las estaciones de bomberos sino también de todos los organismos de socorro que están en la ciudad de Manizales, teniendo en cuenta nuevas variables que proporcionarán información más precisa para la toma de decisiones.

En la región del eje cafetero en el año 2016 se publicó un artículo llamado “Estimación de rutas y tiempos de respuesta de los organismos de socorro en la ciudad de Manizales, apoyado en herramientas sig” el cual fue publicado por “Laura Melissa Castellanos Giraldo María Alejandra López López” [11]. Dicho artículo tuvo como finalidad determinar la distribución espacial de los organismos de socorro y hospitales sobre la cartografía de Manizales, generar rutas para determinar la cobertura y el tiempo de respuesta de los organismos de socorro, estimar las posibles ubicaciones de los próximos organismos de socorro que prestan el servicio a emergencias en la ciudad de Manizales

También para el año 2016 el municipio de Manizales generó un plan de atención y prevención de desastres donde tenía como objetivo principal “Propiciar escenarios de inclusión social con oportunidades de empleo, que contribuyeran al mejoramiento de las condiciones de vida y bienestar y a la reducción drástica de la pobreza.” [12]. Para que se pudiera consolidar el sistema para la gestión integral del riesgo, a manera de reducir los impactos sobre la ocupación del territorio y disminuir las causas y efectos del cambio climático.

Para el 2014 en Manizales se ejecutó un Manual de Procedimientos en Emergencias el cual fue ejecutado por el centro de entrenamiento de bomberos profesionales de la ciudad donde tenían como objetivo desarrollar e implementar un manual de procedimientos a seguir en caso de una emergencia que se llegara a presentar en la ciudad también abarcaron temas de accidentalidad, en el 2010 en Bogotá la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja generó una guía para la elaboración de planes de respuesta a desastres y de contingencia [13] donde tenían como objetivo principal reducir el número de muertes, heridas y daños causados por los desastres, reducir el número de muertes, dolencias y perjuicios relacionados con enfermedades y emergencias de salud pública. Aumentar la capacidad de las comunidades locales, la sociedad civil y la Cruz Roja y la Media Luna Roja para abordar las situaciones de vulnerabilidad más urgentes, promover el respeto a la diversidad y la dignidad humana, reducir la intolerancia, la discriminación y la exclusión social.

Ellos basándose en el análisis de los riesgos potenciales, la incidencia de los desastres anteriores y la vulnerabilidad de la población, los planificadores de la respuesta en casos de desastre deberían estar en condiciones de hacer una lista de las posibles necesidades y determinar los recursos disponibles. Si los planificadores prevén un desfase entre las necesidades y los recursos, deberían hallar la forma de reducirlo con antelación.

La compañía System Plus De Colombia realizó un plan de emergencias el cual debe identificar, Individualizar todas las amenazas y los recursos disponibles para enfrentar el análisis de vulnerabilidad y evaluación de riesgos. El plan de emergencias no es un simple requisito formal en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). En realidad, se trata de uno de los componentes más relevantes para garantizar que la integridad de los trabajadores y de la organización esté verdaderamente protegida. Es por eso que se debe tener en cuenta cualquier tipo de amenaza.

Durante el mismo año la institución educativa Federico ángel se hizo un plan de atención y prevención de desastres donde su enfoque fue el de realizar un análisis de la I.E.F.A. en cuanto a prevención de desastres se refiere y con base en él, diseñar un plan para prevenir y superar las posibles emergencias, teniendo en cuenta los recursos humanos y materiales, donde su enfoque de análisis fue Brindar a la comunidad educativa las herramientas de conocimientos básicos para lograr una formación en prevención y atención de emergencias y accidentes escolares. Crear un plan de reacción que bajo el criterio de prevención nos permita reducir los efectos que pueda causar cualquier desastre en nuestra institución. Organizar una brigada de prevención y atención, conformada por docentes, alumnos y personal administrativo que esté en capacidad de responder a las necesidades y circunstancias de la Planta física.

En el 2016 la universidad pedagógica y tecnológica de Colombia diseñó un proyecto para la accesibilidad de los organismos de socorro en la ciudad de Santiago de Cali y su impacto en la población su enfoque estaba en realizar un análisis de la distribución espacial en su localización, de las sedes de los organismos de socorro, con respecto a la configuración y estructuración de la red vial de la ciudad de Cali y determinar su accesibilidad en la atención de incidentes y emergencias. Esto a través de la accesibilidad de los organismos de socorro en Santiago de Cali y su impacto en la población, entendiéndolo como mayor o menor facilidad para moverse de un lugar a otro, utilizando cualquier medio, según la distancia, las características del terreno, tipos de vías, tráfico, etc.[14]. Además analizar los problemas más comunes de accesibilidades propias de las dinámicas urbanas de la ciudad de Santiago de Cali (movilidad y accesibilidad), y establecer cuáles son las áreas de mayor dificultad de accesibilidad debido a problemas de infraestructura vial.

Ana Campos G., Niels Holm-Nielsen, Carolina Díaz G., Diana M. Rubiano V., Carlos R. Costa P., Fernando Ramírez C. Y Eric Dickson en el año 2012 hicieron un Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia donde pese a los esfuerzos por contribuir a la seguridad territorial, al bienestar social y a la sostenibilidad ambiental, es necesario concluir que éstos no han sido suficientemente efectivos debido a las manifestaciones de condiciones de vulnerabilidad creciente. Las amenazas por fenómenos naturales se encuentran entre un amplio espectro de factores que deben ser considerados para no poner en riesgo el desarrollo, así como las crisis económicas globales, el cambio climático, la degradación ambiental, la desigualdad social y el conflicto armado[15].

Con base en lo anterior, es inminente hacer transformaciones hacia enfoques que incorporen en el ordenamiento territorial las restricciones y las potencialidades según las amenazas, donde se controle el uso del suelo ante las presiones por la expansión urbana, y se ajusten las tecnologías para las intervenciones de los ecosistemas, entre otros aspectos. De lo contrario las pérdidas económicas y los efectos sobre la población seguirán creciendo como lo han hecho hasta el momento.

Este proyecto se basó en buscar incidir en los procesos de planificación ambiental, territorial y sectorial de tal manera que se tomen decisiones de manera informada, teniendo en cuenta los determinantes y proyecciones climáticos, reduciendo así efectivamente la vulnerabilidad frente a este fenómeno tanto en poblaciones y ecosistemas como en sectores productivos, y aumentando la capacidad social, económica y ecosistémica para responder ante eventos y desastres climáticos.

4.3. HERRAMIENTA NETWORK ANALYST DE ArcGIS

Con ArcGIS Network Analyst, puede modelar redes de transporte, como redes de carreteras o peatonales, y realizar análisis sobre ellas. Esta extensión soluciona problemas como encontrar la ruta más corta, ubicación y reubicación de tiendas, la ruta más rápida, encontrar estaciones más cercanas, ver áreas de cobertura a través de mapas de calor, entre otros, utilizándolo en áreas desde mercadeo, tráfico y cualquier ejercicio de redes como acueductos, gas etc.

ArcGIS Network Analyst extensión permite solucionar los problemas de red más comunes y trabaja con seis tipos de capas diferentes para hacer análisis que son: Ruta, instalación más cercana, área de servicio, matriz de coste OD, problemas de generación de rutas para vehículos y ubicación y asignación.


Para el desarrollo de esta investigación se utilizó la solución de la instalación más cercana.

Instalación más cercana ArcGis Network Analyst permite encontrar la instalación más cercana desde incidente seleccionando la mejor ruta, después de tener una capa de vías cargada se debe ir a la barra de herramientas Network Analyst haciendo clic en Network Analyst >New Closest Facility (Nueva Instalación más cercana) Al crear una nueva capa de análisis de instalación más cercana, aparece en la ventana Network Analyst, junto con sus seis clases de análisis de red: Instalaciones, Incidentes, Rutas, Barreras de punto, Barreras de línea y Barreras de polígono figura 4. En esta ventana dando clic derecho en facilities se deben de cargar los centros de asistencia presionando clic derecho y load locations donde se selecciona la capa que tiene todos los puntos y se carga el nombre que quiere que vaya en el campo field como es el nombre.

Para indicar el incidente se selecciona incidents y en las herramientas del network analyst se habilita la opción de create network location tool y con esta herramienta



se selecciona el punto en la capa vías. Una vez cargado los centros de

atención y los incidentes se corre el análisis con el botón solve 

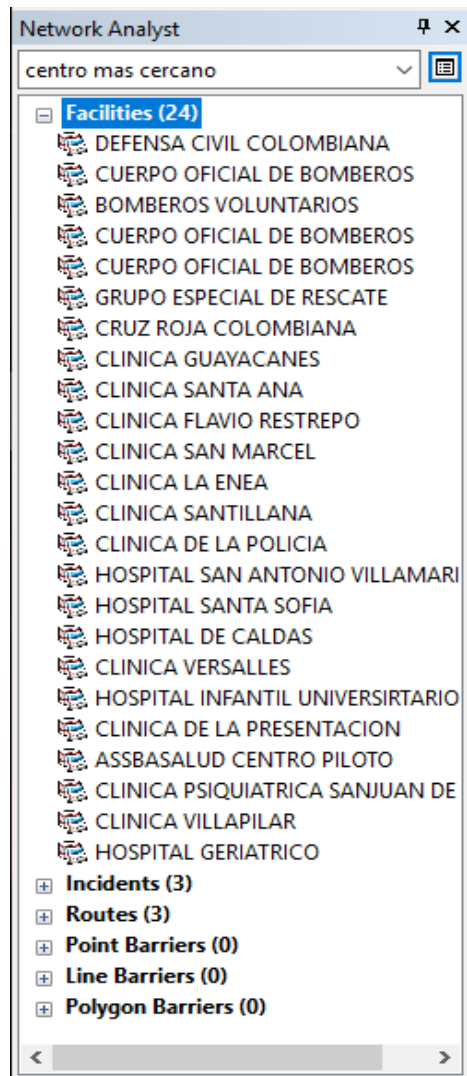


Figura 4. Ventana Network Analyst instalación más cercano

La capa de análisis de instalación más cercana también aparece en la ventana Tabla de contenido como una capa compuesta denominada Instalación más cercana. Si ya existe una instalación más cercana con el mismo nombre en el documento de mapa, se añade un número al nombre, como Instalación más cercana 1, Instalación más cercana 2, etc. Hay seis capas de entidades: Instalaciones, Incidentes, Rutas, Barreras de punto, Barreras de línea y Barreras de polígono figura 5. Cada una de las seis capas de entidades tiene una simbología predeterminada que se puede modificar en el cuadro de diálogo Propiedades de capa correspondiente [16].

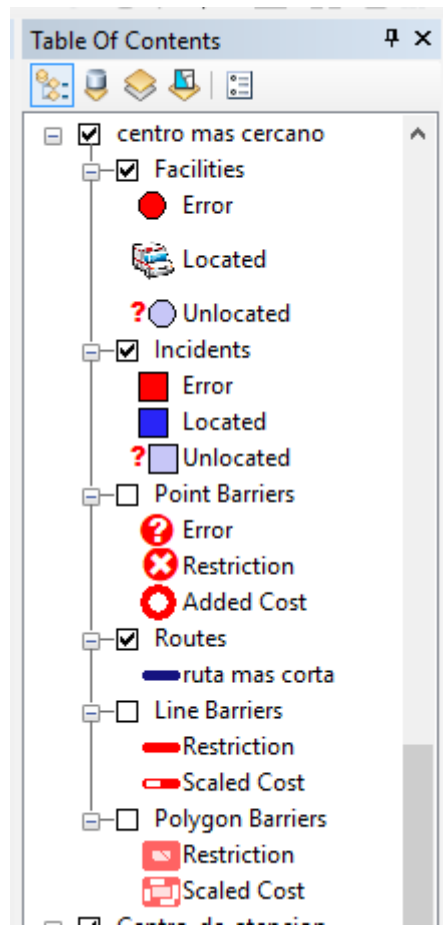


Figura 5. Tabla de contenido Network Analyst centro más cercano

Análisis del área de servicio en Arcgis network analyst permite generar mapas de calor para encontrar el área de servicio y/o cobertura de una red con rangos específicos como distancia, por ejemplo el área cíclica de máxima cobertura en 5 kilómetros esto nos permite evaluar e identificar la superficie del terreno de la ciudad que se encuentra con una mejor cobertura que otras.

Una vez cargada la capa de vías se debe ir a la herramienta network analyst y la capa de new service área Al crear la capa de análisis del área de servicio, ésta aparece en la ventana Network Analyst, junto con sus seis clases (Instalaciones, Líneas, Polígonos, Barreras de punto, Barreras de línea y Barreras de polígono figura 6).

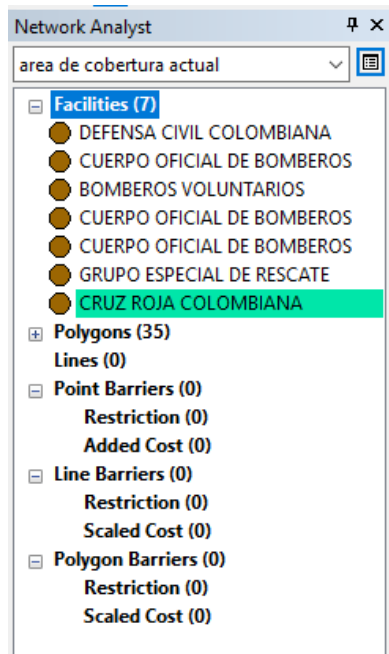


Figura 6. Ventana Network Analyst área de cobertura

La capa de análisis del área de servicio también aparece en la tabla de contenido como una capa compuesta denominada Área de servicio o, si ya existe en el mapa un área de servicio con el mismo nombre, Área de servicio 1, Área de servicio 2, etc. Hay seis capas de entidades, que tienen una simbología predeterminada que se puede modificar en sus cuadros de diálogo Propiedades de capa correspondientes [17].

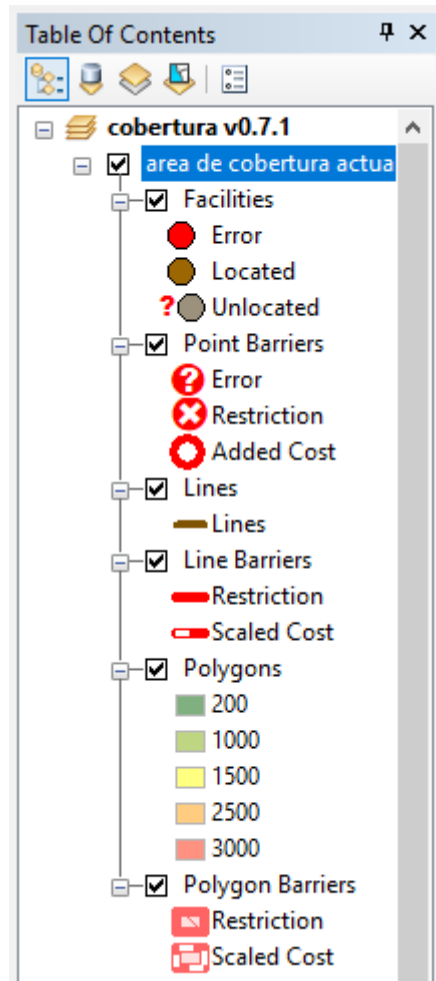



Figura 7. Tabla de contenido Network Analyst área de servicio

Después de tener una capa de vías cargada se debe ir a la barra de herramientas Network Analyst haciendo clic en Network Analyst >New service area (Nueva área de servicio) Al crear una nueva capa de análisis de área de servicio, aparece en la ventana Network Analyst, En esta ventana dando clic derecho en facilities se deben de cargar los centros de socorro presionando clic derecho y load locations donde se selecciona la capa que tiene todos los puntos y se carga el nombre que quiere que vaya en el campo field como es el nombre.

Para crear un área de servicio en la tabla de contenido en el área de servicio dar clic derecho propiedades pestaña analysis settings y dependiendo de las propiedades de la capa podemos seleccionar su impedancia en este caso longitud dada en metros o kilómetros y en default breaks colocar su valor único o rangos para generar los mapas de calor (ejemplo 1000; 1500; 200; 2500; 3000)

. Una vez cargado los centros de atención y los valores se corre el análisis con el botón solve  y genera automáticamente los poligonos con los mapas de calor de cada punto.

4.3.1. MARCO LEGAL

4.3.1.1. NORMATIVIDAD EN COBERTURA Y TIEMPOS DE RESPUESTA

La Norma NFPA 1710, norma para la organización y despliegue de operaciones de extinción de incendios, operaciones médicas de emergencia y operaciones especiales para el público llevadas a cabo por departamentos de bomberos profesionales [18].

Nos da la siguiente información en Tiempo de Respuesta para los bomberos

- Realizar Llamada y Recibirla: 1 min
- Preparación y Salir: 1 min
- Movilización: 4 min
- Total: 6 min

Los demás organismos de socorro de la ciudad de Manizales no tienen establecido por norma un tiempo de respuesta, igualmente cada ciudad debe de tener un plan de desarrollo en la atención de desastres que está establecido por el DECRETO 919 DE 1989 .

Algunos estudios han concluido que entre el centro de atención y el incidente debe existir cinco (5) minutos como tiempo máximo óptimo [19] y en otros se concluye que para urgencias de paro cardíaco de origen no traumático deben tener un tiempo máximo de 4 minutos [20].

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE TRABAJO

Al momento de definir el tipo de estudio que corresponde a este proyecto, es posible afirmar que su enfoque claramente cuantitativo, enmarcado en una investigación descriptiva que muestra como producto adicional un desarrollo tecnológico.

A continuación se describe brevemente el procedimiento, expuesto en fases y actividades, que se siguió para alcanzar los objetivos planteados.

5.2 PROCEDIMIENTO

5.2.1 Fase 1. Herramienta Network Analyst ArcGIS

En esta fase, partiendo de los antecedentes consultados, se determinaron las variables asociadas al cálculo de los tiempos de respuesta y cobertura, para así estimar qué información se requiere, tanto cartográfica, como espacial y demográfica.

Actividad 1. Comprensión de la herramienta, sus algoritmos y alcance.

Actividad 2. Carga en ArcGIS de la información georreferenciada relevante para el proyecto.

5.2.2 Fase 2. Determinar la cobertura y los tiempos de respuesta reales a partir de la descripción espacial y la normativa existente.

En esta fase, usando la herramienta mencionada previamente, se determinaron la cobertura y tiempo de respuesta de los organismos de socorro, comparando los resultados con la normativa existente para tal fin.

Actividad 1. Análisis de la normativa existente en cuanto a atención de emergencias y el plan de gestión del riesgo de la ciudad de Manizales.

Actividad 2. Análisis vial de la ciudad en términos de sus atributos (orientación y tráfico).

Actividad 3. Creación de la base de datos espacial asociada a las vías y los puntos de interés.

Actividad 4. Simulación de incidentes y cálculo de rutas, cobertura y tiempo de respuesta.

5.2.3 Fase 3. Estimar las posibles ubicaciones de los próximos organismos de socorro que prestan el servicio a emergencias.

Finalmente, a la luz de los resultados obtenidos en las fases precedentes, se estimaron las nuevas ubicaciones de los centros de atención a emergencias en la ciudad.

Actividad 1: Estimación de zonas carentes de cobertura.

Actividad 2: Estimación de ubicaciones de nuevos centros de atención emergencias, estimando capacidades y población cubierta.

6. RESULTADOS

6.1 INSTALACIÓN MÁS CERCANA Y RUTA ÓPTIMA

La normatividad existente sobre el tiempo de respuesta es de 5 minutos, definida como el tiempo máximo óptimo para atender una urgencia vital, donde en distancia radial es aproximadamente de 5 kilómetros. En ArcGIS utilizando el módulo de *Network Analyst* y la opción de vecino más cercano, El solucionador de instalación más cercana mide el coste de viajar entre incidentes e instalaciones, y determina cuáles están más próximos entre sí. El solucionador de instalación más cercana muestra las mejores rutas entre incidentes e instalaciones, informa de sus costes de viaje y devuelve instrucciones para conducir. Primero encuentra (figura 4) el organismo más cercano para prestar los primeros auxilios luego traza la ruta al centro de asistencia.

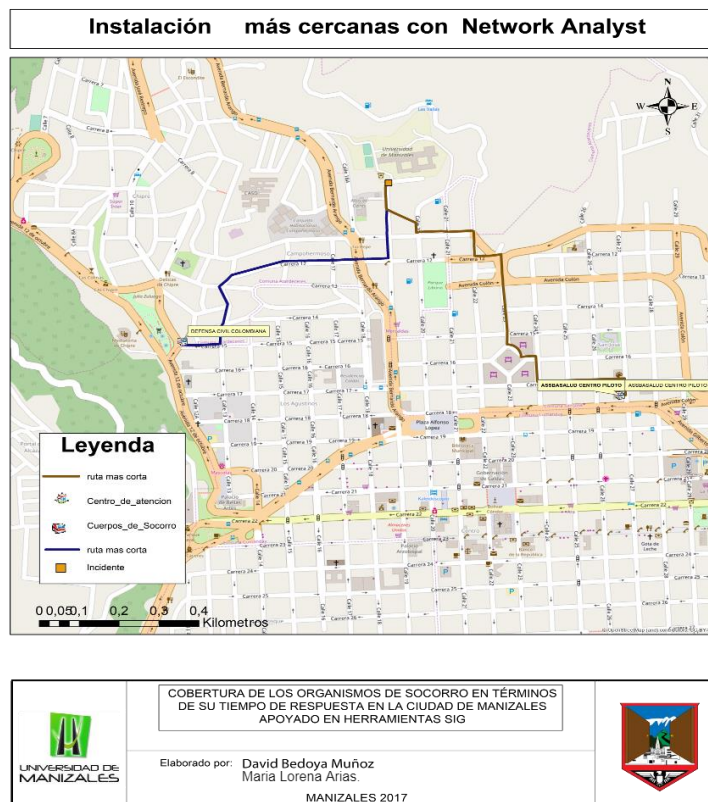


Figura 8. Instalación más cercana y ruta optima

6.2 COBERTURA DE LOS ORGANISMOS DE SOCORRO

En caso de un accidente el organismo de socorro más cercano debe prestar el servicio de ambulancia esperando una pronta respuesta, por esto es importante hacer un análisis del área de cobertura que tienen actualmente la ciudad. Actualmente se tienen siete organismos de socorro en la ciudad y esta es su área de cobertura.

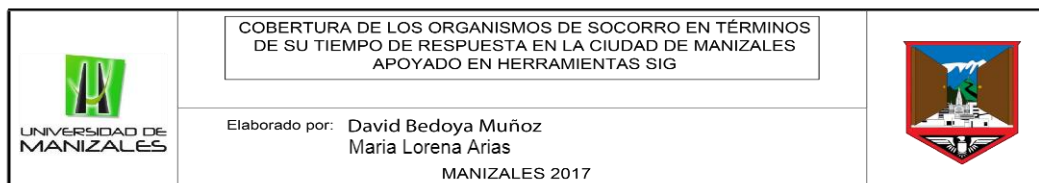
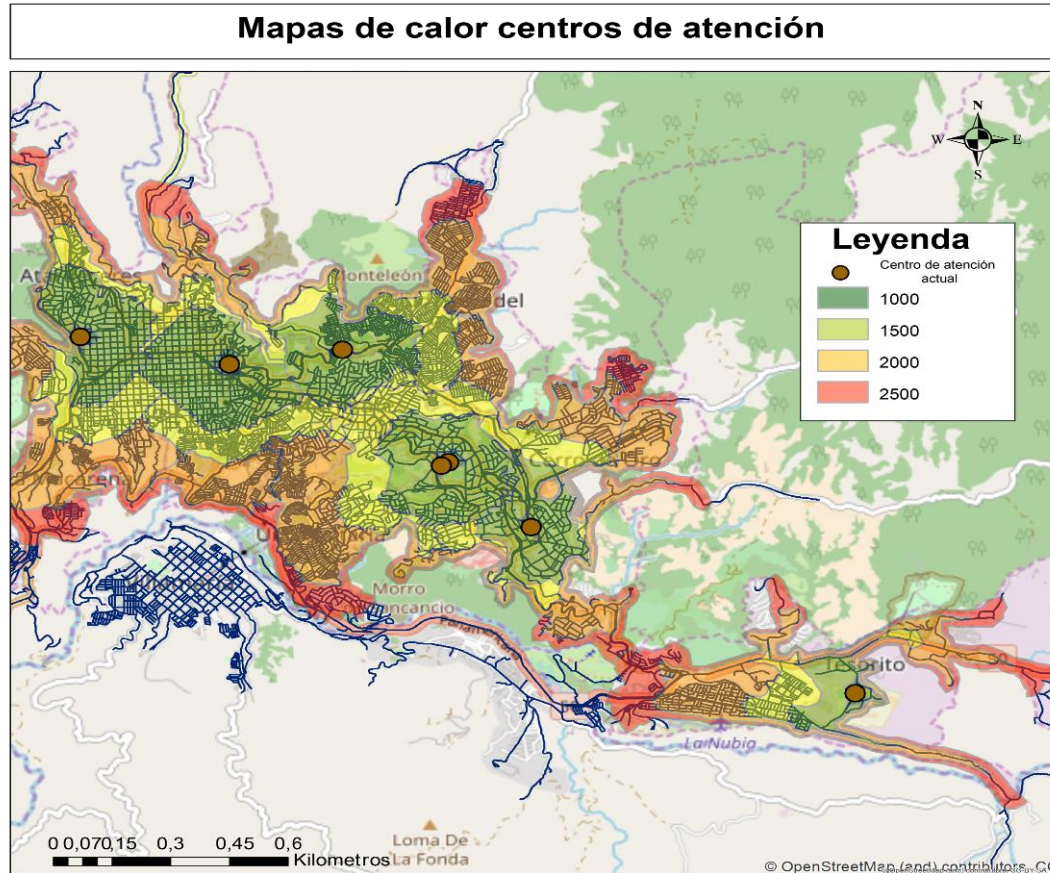


Figura 9. Cobertura actual de los organismos de socorro en Manizales

Al observar la figura 9 se puede concluir que en la ciudad áreas tan importantes como la zona de terminal, de aeropuerto y laderas de la ciudad se encuentran sin una buena cobertura para permitir una pronta respuesta en caso de algún siniestro. Para estimaciones de posibles ubicaciones de centros de servicio, Arcgis tiene un módulo en el cual se puede trabajar y encontrar la ubicación idónea para este problema. En las zonas de menos cobertura se recomienda crear organismos de socorro para una pronta respuesta, los nuevos puntos serían los presentados en la figura 10.

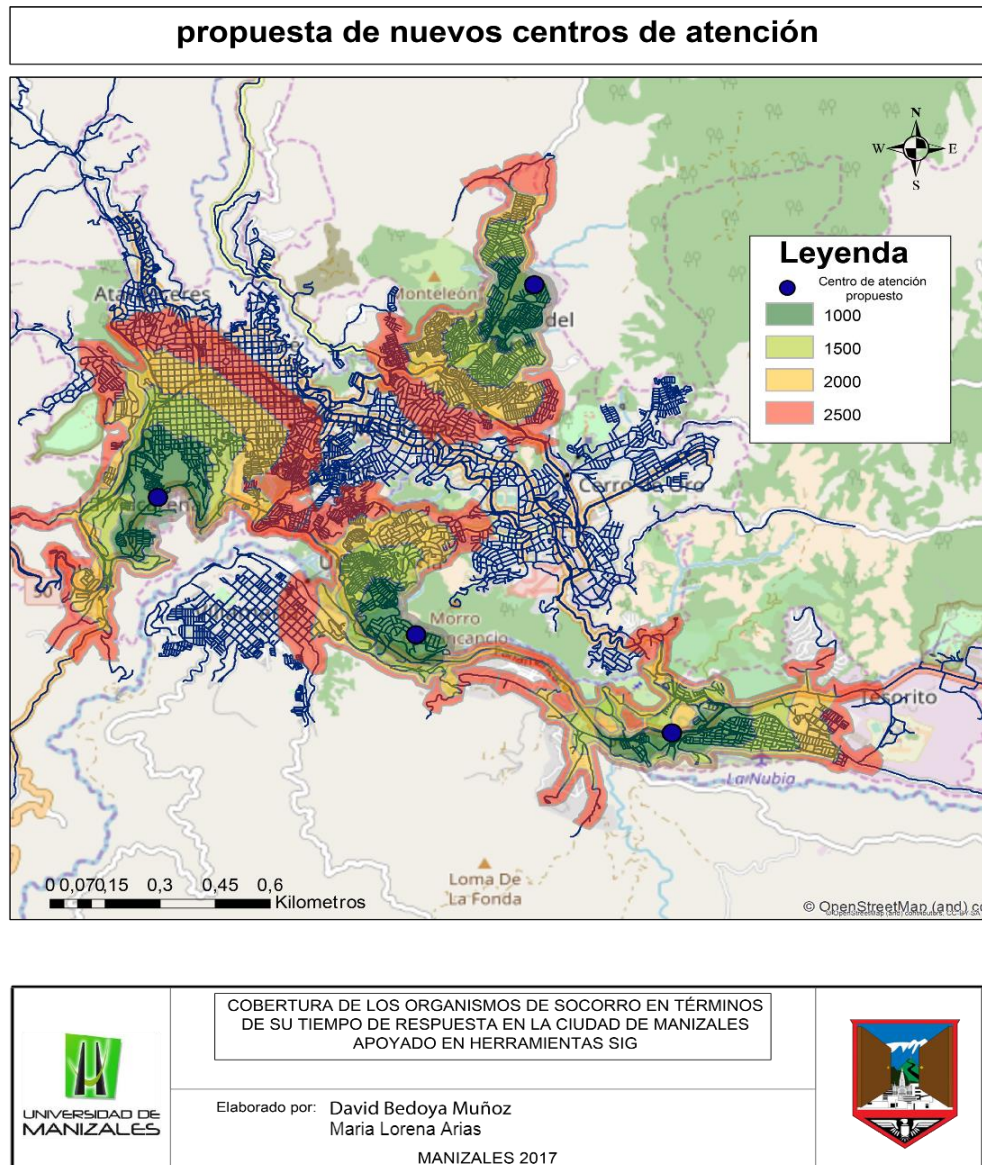
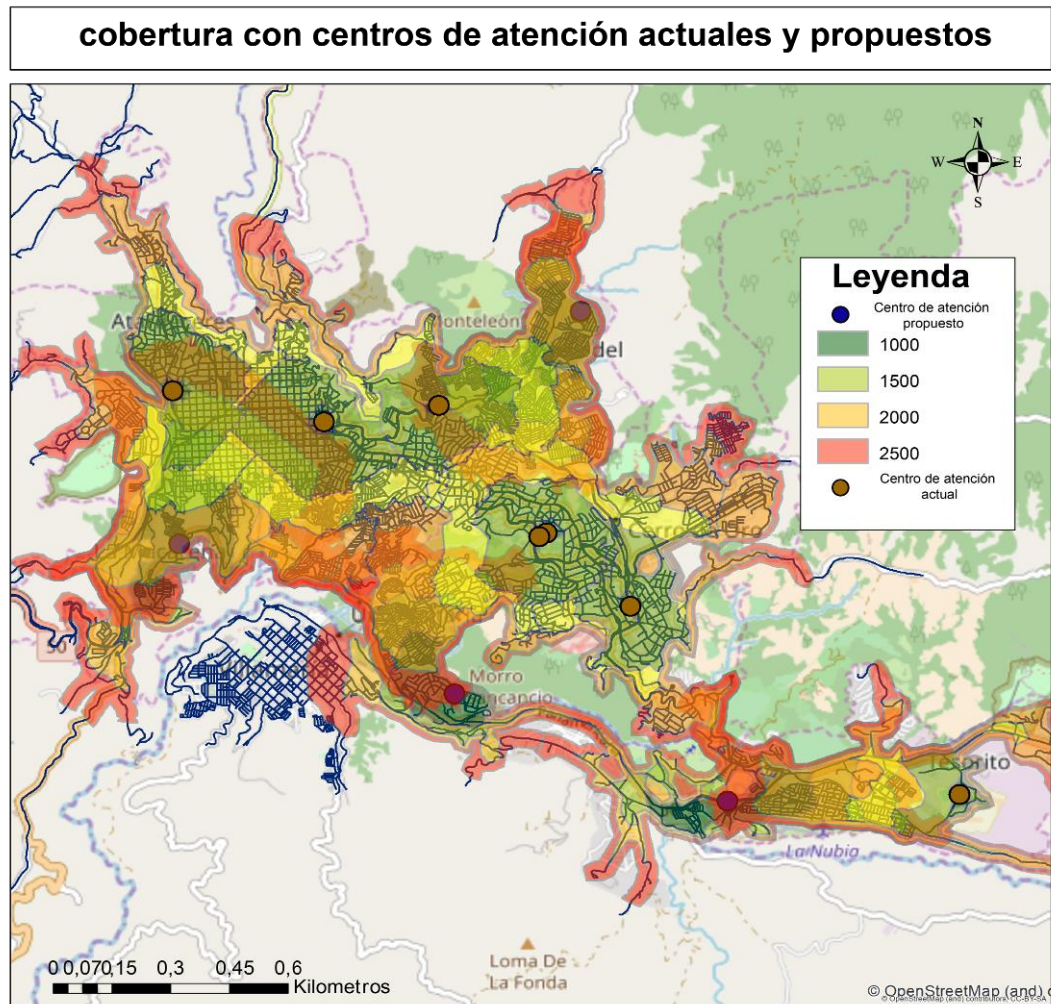


Figura 10. Propuesta nuevos organismos de socorro en Manizales

Uniando la figura 9 y 10 se tiene una cobertura más amplia en la ciudad como se muestra en la figura 11.





| | | |
|--|--|---|
|  UNIVERSIDAD DE MANIZALES | COBERTURA DE LOS ORGANISMOS DE SOCORRO EN TÉRMINOS DE SU TIEMPO DE RESPUESTA EN LA CIUDAD DE MANIZALES APOYADO EN HERRAMIENTAS SIG |  |
| Elaborado por: David Bedoya Muñoz María Lorena Arias MANIZALES 2017 | | |

Figura 11. Nueva cobertura de la ciudad de Manizales con organismos de socorro actual y propuesto.

7. CONCLUSIONES

- A través del uso de las herramientas de Arcmap y Qgis se pueden evidenciar que en Manizales se tiene un alto nivel de cobertura frente a la accidentalidad, pero aun así es totalmente necesario la implementación de nuevos puntos de atención para evitar los retrasos en la atención a los ciudadanos.
- se evidencia que algunos organismos de socorro deben asistir a varios puntos que se encuentra fuera de su área de cobertura en caso que se presente un accidente, lo que nos llevó a tomar medidas como las de generar sugerencias para nuevos puntos de atención, ubicados en puntos estratégicos de la ciudad.
- Los tiempos de respuesta de los cuerpos de socorro en Manizales no son los estipulados en la norma NFPA 1710 que es de 4 minutos, dadas las condiciones de tráfico, la congestión vehicular y peatonal en algunos sectores de la ciudad, lo que dificulta el tránsito de este organismo de socorro, los tiempos de respuesta reales son de 5 minutos y en ciertas partes de hasta 6 minutos.
- A través de la extensión de ArcGIS Network Analyst, se pueden hacer estudios más apegados a la información real y así brindar soluciones que impacten y ataquen directamente los problemas que se presenten en la ciudad.

8. RECOMENDACIONES

- Es un proyecto que a corto plazo se puede implementar en la ciudad de Manizales el cual generaría un gran impacto social pues tiene un enfoque hacia el bienestar de la comunidad en general.
- Se pueden incluir dentro de la propuesta no solo organismos de socorro y centro de atención hospitalaria de servicios públicos sino que también se podrían incluir los centros de servicios privados y de esta forma se estaría generando una ampliación de cobertura hospitalaria en el momento de la atención del accidente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Subgerencia Cultural del Banco de la República. *Geografía urbana*. 2015. Recuperado de: http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/geografia_urbana
- [2] Universidad de Manizales, “Subprograma de Investigación Sistemas de Información y Comunicación” en *Sistema de Planificación*, Universidad de Manizales. 2012. pp. 325 - 338.
- [3] ESRI. *Gis Best Practices, Gis and Science*. 2008. Recuperado de: <http://www.esri.com/library/bestpractices/gis-and-science.pdf>
- [4] J. Vila, J., & D. Vargas, “Los Sistemas de Información Geográfica” en *Evaluación y Prevención de Riesgos ambientales en Centroamérica*. Girona, España: Documenta Universitaria. 2008. pp 357 - 376.
- [5] A. Demirci, “Evaluating the Implementation and Effectiveness of GIS-Based Application in Secondary School Geography Lessons”, en *American Journal of Applied Sciences*, Vol. 5, 2008. pp. 169 - 178.
- [6] FAO. “Funcionamiento y Uso de los Sistemas de Información Geográfica” en *Los sistemas de información geográfica y la telepercepción en la pesca continental y la acuicultura*. Roma, Italia: FAO, 1992, pp. 133-189.
- [7] "Gestion de riesgos en Manizales", [Idea.manizales.unal.edu.co](http://idea.manizales.unal.edu.co), 2017. [Online]. Available: http://idea.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/planterritorial.php.
- [8] Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS, “Antecedentes” en *Proyecto Gestión Integral del Riesgo en Manizales*, Corpocaldas, 2002, pp. 6-12.
- [9] G. Pusineri. “Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la prevención de riesgos y la formulación de planes de contingencia en inundaciones”. Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación

de Desastres (CISMID). Japón. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Lima. 2004.

[10] D. Torres, D. Navarrete. "Análisis Espacial de las Estaciones de Bomberos en el Área Urbana del Municipio Santiago de Cali para el Año 2014, Estimación de su Cobertura y Tiempo de Respuesta". Trabajo de Grado. Especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad de Manizales, 2014.

[11] Castellanos Giraldo, Laura Melissa, and María Alejandra López López. "Estimación de rutas y tiempos de respuesta de los organismos de socorro en la ciudad de Manizales, apoyado en herramientas SIG." 2016.

[12] Baldión Alzate, José Mauricio. "Elementos para una Propuesta de Política Pública para la Generación de Empleo Dentro del Macroproyecto de Renovación Urbana, Zona Ladera Olivares, Comuna San José, Manizales." 2016.

[13] Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja" Guía para la elaboración de planes de respuesta a desastres y de contingencia" 2008.

[14] Fernando Aponte Hincapié " accesibilidad de los organismos de socorro en la ciudad de Santiago de Cali y su impacto en la población" 2016. Recuperado de: <http://ciaf.igac.gov.co/wp-content/uploads/2017/03/UPTC2017-01.pdf>

[15] Campos, A., Nielsen, N., Díaz, C., Rubiano, D., Costa, C., Ramírez, F., & Dickson, E." Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia." 2012
Recuperado de: <http://gestiondelriesgo.gov.co/sigpad/archivos/GESTIONDELRIESGOWEB.pdf>

[16] "Análisis de ubicación de instalaciones más cercanas" Recuperado de: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/closest-facility.htm>

[17] "Análisis del área de servicio" Recuperado de: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/service-area.htm>

[18] Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Career Fire Departments Scope “NFPA 1710”, 2016. Recuperado de: <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1710>

[19] Blackwell y Kaufman “Response time effectiveness: comparison of response time and survival in an urban emergency medical services system.” 2002. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11927452>

[20] Pons et al. “Paramedic response time: does it affect patient survival?” 2005. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15995089>