

DETERMINACIÓN DE ZONAS ÓPTIMAS PARA LA LOCALIZACIÓN DE NUEVAS
ESTACIONES DE BOMBEROS EN BOGOTÁ MEDIANTE HERRAMIENTAS DE
ANÁLISIS ESPACIAL



Jennis Carolina Mosquera Pretel
Código: 3101251

Proyecto de Geomática Aplicada supervisado por el Ing. Camilo A. León

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Ingeniería
Especialización en Geomática
Bogotá D.C.
Diciembre, 2015

DETERMINACIÓN DE ZONAS ÓPTIMAS PARA LA LOCALIZACIÓN DE NUEVAS ESTACIONES DE BOMBEROS EN BOGOTÁ MEDIANTE HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS ESPACIAL

OPTIMAL AREAS DETERMINATION FOR NEW FIRE STATIONS LOCATED AT BOGOTÁ, BASED ON SPATIAL ANALYSIS TOOLS

Jennis Carolina Mosquera Pretel
Ingeniera Topográfica
Diciembre de 2015
Bogotá, Colombia,
carolinamosquera@gmail.com

RESUMEN

El crecimiento que ha tenido Bogotá en las últimas dos décadas ha rebosado los servicios de emergencias de la ciudad. Uno de estos servicios es el prestado por el Cuerpo de Bomberos el cual requiere inmediatamente el aumento de su personal e infraestructura. El Decreto 563 de 2007 que adopta el Plan Maestro de Equipamientos de Seguridad Ciudadana, Defensa, y Justicia para Bogotá D.C., planea la ampliación y refuerzo de esa entidad con la construcción de al menos cuatro estaciones nuevas, considerando algunos parámetros para ubicarlas adecuadamente.

Por medio de estadísticas de emergencias atendidas en los últimos tres años por el Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, información geográfica obtenida de IDECA y el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) que permite evaluar alternativas de acuerdo al peso de los criterios planteados, es posible generar un ráster con las zonas adecuadas de la ciudad para localizar nuevas estaciones de bomberos, puntualmente en las zonas que mayor apoyo necesitan.

Palabras clave: Estaciones de bomberos, análisis multicriterio, proceso de análisis jerárquico, análisis espacial, IDECA.

ABSTRACT

Bogota has presented a constant growing during the last two decades, which has overflowed the emergency services of the city. One of these services is provided by the Fire Department, which requires urgently an increasing staff and a better infrastructure. Act 563 of 2007 approved in the Master Plan for Public Safety Equipment, Defense, and Justice for Bogota propose the expansion and reinforcement of this department with the

construction of at least four new fire stations, considering some parameters to locate them in the right place.

Emergency statistics attended in the past three years by the fire department of Bogotá, geographic information obtained from IDECA and Analysis Hierarchy Process (AHP) which allows evaluate alternatives according to the weight of the criteria, is possible generating a raster with the appropriate location of fire stations in a city place, especially in areas that need increased support.

Keywords: Fire stations, multi-criteria analysis, analytic hierarchy process, spatial analysis, IDECA.

INTRODUCCIÓN

La localización más adecuada posible de las actividades humanas sobre el territorio es una tarea de gran importancia para la mejora de la calidad de vida de la población (**Bosque Sendra & Moreno Jimenez, 2004**). El uso de sistemas de información geográfica en conjunto con herramientas de análisis ha permitido que la toma de este tipo de decisiones por parte de entidades públicas y privadas sea cada vez más efectiva, potenciando proyectos de planeación, infraestructura y prestación de servicios, entre muchos otros.

El acelerado crecimiento de la ciudad de Bogotá ha obligado a fortalecer y ampliar la red estructural y de alcance servicios para una población cada vez mayor. Es así, por ejemplo, que desde hace unas dos décadas la capacidad de atención del Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá se ha visto limitada por su poca infraestructura comparada con capitales de similar población. Actualmente la capital cuenta con una población aproximada de 7,9 millones de habitantes según proyecciones del DANE¹ para el año 2015, cuenta actualmente con 17 estaciones de bomberos y 456 hombres y mujeres que ostentan el perfil de bombero en cualquiera de sus diferentes rangos (**UAECOB, 2011**)²; según estándares internacionales, en la actualidad debería contarse con al menos 8000 socorristas para una ciudad con una población aproximada a la de Bogotá.

El Decreto 563 de 2007 que adopta el Plan Maestro de Equipamientos de Seguridad Ciudadana, Defensa, y Justicia para Bogotá D.C., tiene planeado la ampliación y refuerzo de este departamento con la construcción de al menos cuatro estaciones nuevas. Este estudio busca contestar entonces la incógnita referente a *¿cuáles zonas de la ciudad son adecuadas para construir nuevas estaciones de bomberos en Bogotá?*

La aplicación de métodos de análisis multicriterio combinados con herramientas SIG, permite resolver problemas de decisión con múltiples objetivos y con información cuantitativa y cualitativa (**Roche & Vejo, 2005**). Uno de estos métodos es el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés) desarrollado por Thomas L. Saaty, el cual ha ayudado a resolver problemas similares. En Varvan, Irán, se realizó un estudio

¹ DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística

² UAECOB. Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial Bomberos Bogotá

usando este método precisamente para determinar la localización óptima de estaciones de bomberos para la zona de la ciudad que se está expandiendo (**Parvene & Seyedeh, 2015**). Otro caso en el que se usó el método de análisis AHP consistió en determinar las zonas aptas para construir colegios distritales³ en la localidad de Suba, aquí en Bogotá (**Pinzón Ospina, 2015**).

1. OBJETIVOS

Identificar zonas óptimas para la construcción de nuevas estaciones de bomberos en la ciudad de Bogotá por medio de análisis espacial.

1. Identificar las áreas de la ciudad donde se requiere de manera inmediata la construcción de nuevas estaciones de apoyo.
2. Establecer las características y condiciones idóneas que deben cumplir los lotes donde se localizaran futuras estaciones de bomberos.
3. Espacializar las áreas óptimas de localización resultantes del análisis realizado a partir de la metodología establecida.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 BASE CARTOGRÁFICA

La base cartográfica para realizar el análisis fue obtenida de la página web⁴ del IDECA- Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital- la cual recopila información geográfica de distintas entidades del distrito con el fin de proporcionar herramientas de planeación. “El Mapa de Referencia para el Distrito Capital contiene el conjunto organizado de datos espaciales BÁSICOS requeridos por la mayoría de entidades de Bogotá, útil para la toma de decisiones en beneficio de la ciudad y sus habitantes y para la generación de objetos geográficos temáticos. Conjuntamente, las entidades responsables en la custodia de esta información básica, actualizan el Mapa de Referencia trimestralmente” (**IDECA, 2015**).

La base de datos geográfica *MR_0915.gdb*, actualizada a septiembre de 2015, contiene capas de catastro, planeamiento, cuerpos de agua, territorios, elevación, transporte, entre otros. Adicionalmente se descargó de la misma página, información temática en formato kmz⁵, correspondiente a capas como estaciones de bomberos, jurisdicción de bomberos, red hospitalaria y colegios distritales, necesarias para determinar las zonas aptas objeto del estudio.

³ Los colegios distritales son aquellos operados por el gobierno de la ciudad.

⁴ <http://www.ideca.gov.co/index.php?q=es/content/cat%C3%A1logo-de-datos-geogr%C3%A1ficos>

⁵ Fichero basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones

2.2 ÁREA DE ESTUDIO

Para delimitar el área puntual de estudio, se partió de las estadísticas de emergencias atendidas en los últimos tres años⁶, concentrando el interés en las cuatro estaciones de bomberos con cifras promedio más altas. Estas estaciones son B1 Chapinero (Localidad⁷ Chapinero), B5 Kennedy (Localidad Kennedy), B13 Caobos Salazar (Localidad Usaquén) y B7 Ferias (Localidad Engativá). Cada estación de bomberos tiene una jurisdicción donde realizan operaciones; a su vez cada jurisdicción pertenece a una compañía determinada por la localización geográfica de las anteriores.

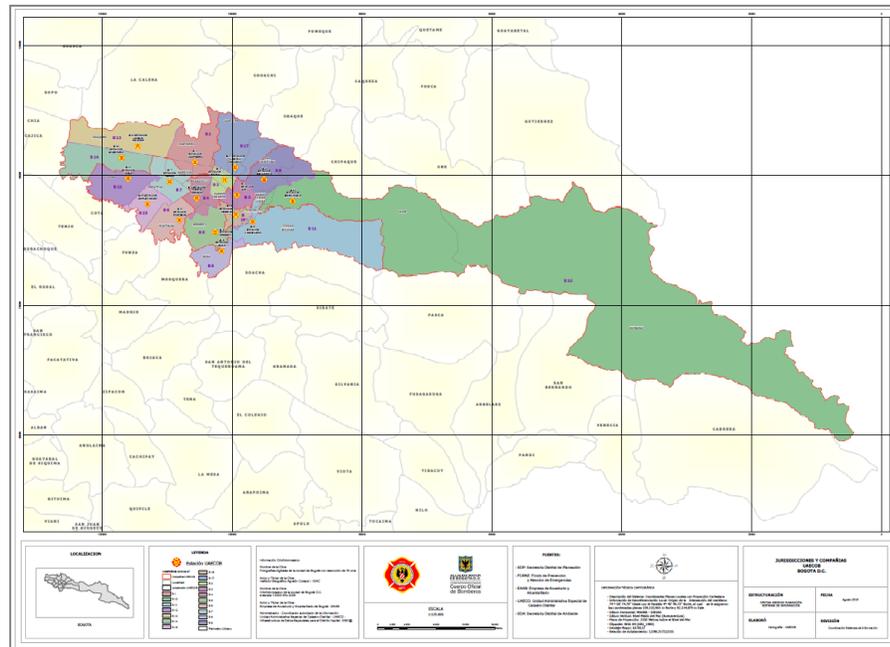


Figura 1. Mapa de Jurisdicciones y Compañías UAECOB Bogotá D.C.
Fuente: UAECOB

Igualmente se consultó el Plan Maestro de Equipamientos de Seguridad Ciudadana donde se proponen cuatro UPZ⁸ para construir nuevas estaciones de apoyo; Santa Bárbara y Paseo Libertadores en la localidad Usaquén, Calandaima en la localidad de Kennedy y Nuevo Usme en la localidad Usme.

A partir de las consultas realizadas y teniendo en cuenta que las jurisdicciones de las estaciones no están limitadas por las localidades, se determinó que el área de estudio estaría dividida en dos partes, una en la parte sur de la ciudad compuesta por la unión de las jurisdicciones de las estaciones B5 Kennedy, B10 Marichuela y B11 Candelaria, y otra al norte compuesta por las jurisdicciones de B1 Chapinero, B7 Ferias y B13 Caobos Salazar.

⁶ Cifras proporcionadas por UAE Cuerpo Oficial de Bomberos.

⁷ Las localidades son las unidades de división administrativa de Bogotá.

⁸ Unidades de Planeamiento Zonal. Son parte del modelo de ordenamiento territorial de Bogotá.

Como medida final para definir correctamente las áreas de estudio, estas se limitaron al suelo urbano y en expansión, siendo reducida principalmente la jurisdicción de la estación B10 Marichuela, ya que al encontrarse en el extremo sur de la ciudad, cubre las localidades de Usme y Sumapaz (ver Figura 1), siendo ambas esencialmente rurales.

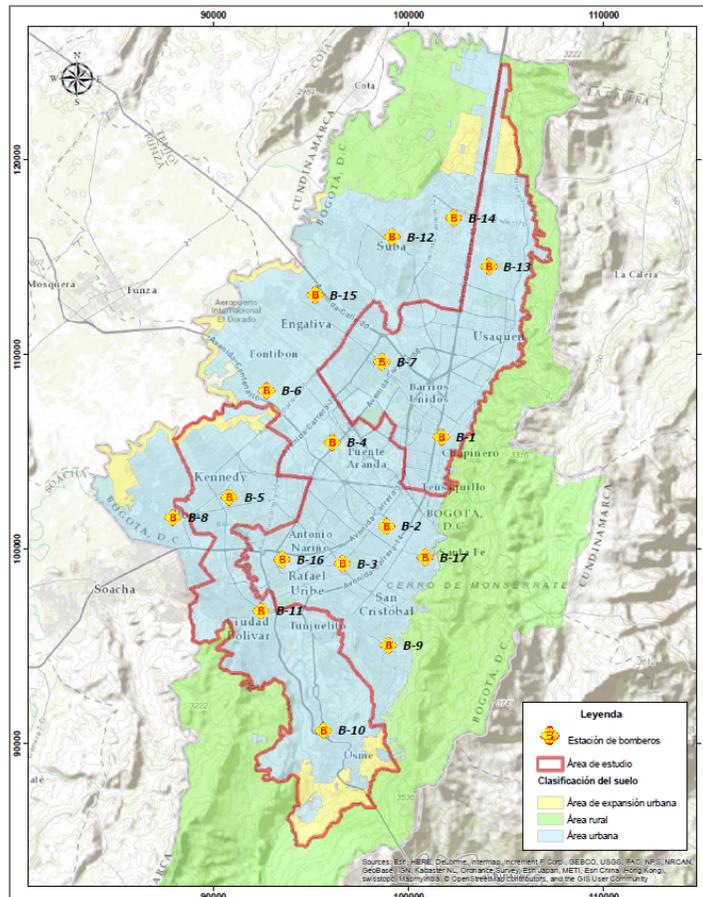


Figura 2. Áreas de estudio conformadas por las jurisdicciones de las estaciones B5, B10 y B11 al sur de la ciudad y B1, B7 y B13 al norte.

Fuente: Propia. Base cartográfica IDECA, 2015

2.3 ELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PARÁMETROS

La correcta evaluación de factores cualitativos y cuantitativos de un proyecto es fundamental para lograr resultados exitosos. De esta premisa surge el análisis multicriterio, herramienta metodológica en la cual se consideran de forma simultanea distintos criterios para la toma de decisiones.

Una de las metodologías de análisis multicriterio más usadas es el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés) desarrollado por Thomas L. Saaty en la década de 1970. Esta metodología propone que para tomar una decisión de manera organizada se debe (**Saaty, 2008**):

1. Definir el problema y descomponerlo.

2. Estructurar una jerarquía de decisión de acuerdo a los objetivos del problema.
3. Construir un conjunto de matrices de comparación de pares donde se evaluarán niveles de relevancia para obtener finalmente prioridades.

El Decreto 563 de 2007 establece que para la construcción de las nuevas estaciones de bomberos se deben tener en cuenta parámetros como localización en suelo acorde a la actividad, disponibilidad vial, menor impacto de riesgo peatonal o cercanía a centros de aglomeración y cercanía a la red hospitalaria.

Tabla 1. Cuadro lineamientos urbanísticos y condiciones específicas de ubicación para nuevos equipamientos de Estaciones de Bomberos.

Criterio de Localización General	Índice Ocupación y Altura	Condiciones
<p>Zonas de comercio cualificado, zonas de comercio aglomerado, áreas industriales, área de actividad central, núcleos fundacionales, zonas de servicios urbanos básicos, área urbana integral, zonas delimitadas de comercio y servicios de las zonas residenciales, áreas reestructurantes de zonas residenciales con actividad económica en la vivienda</p>	<p>I.O. Primer piso: 0.62 incluido 8% cesión a espacio público. Tres pisos</p>	<p>a. Criterios de Seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niveles de amenaza • Identificación de zonas de riesgos • Ocurrencias históricas de eventos de emergencias • Niveles de atención oportuna a la comunidad o zona afectada <p>b. Criterios de Atención:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de respuesta a su jurisdicción inmediata • Déficit de cobertura • Especialidad <p>c. Criterios Urbanísticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Densidad Poblacional. • Usos Urbanos con algún grado de amenaza. • Accesibilidad Vial. • Disponibilidad de predios. • Menor impacto contaminante por ruido • Menor impacto de riesgo peatonal <p>-Distancia no menor a 200 metros de un hospital para no generar un impacto negativo por el ruido que pueda generar la estación. -Distancia no menor a 100 metros de un centro educativo o de algún equipamiento que genere aglomeraciones de personas en diferentes momentos del día que dificulte la prestación del servicio en tiempos óptimos. -La estación se deberá localizar con acceso a 100 m de los ejes de la malla vial arterial, principal, complementaria o intermedia, y a corredores de movilidad local de UPZ de mejoramiento integral y con acceso a una troncal de Transmilenio con el fin de garantizar la movilidad de la estación, que podrán articularse funcionalmente con las centralidades.</p>

Fuente: Artículo 35 del Decreto 563 de 2007
Plan Maestro de Equipamientos de Seguridad.

También define los parámetros arquitectónicos según sus unidades funcionales variando así el área de ocupación requerida:

Tabla 2. Parámetros arquitectónicos estación Tipo A.

DEPENDENCIA	m^2
Área administrativa	509,1
Área de descontaminación	227,63
Sala de máquinas	141,21
Área privada	594,27
Servicios	170,91
TOTAL ÁREA CONSTRUIDA más 25% circulación	2053,9

Fuente: Artículo 34 del Decreto 563 de 2007
Plan Maestro de Equipamientos de Seguridad.

Tabla 3. Parámetros arquitectónicos estación Tipo B.

DEPENDENCIA	m^2
Área administrativa	726,15
Área de descontaminación	227,63
Sala de máquinas	141,21
Área privada	734,14
Servicios	464,41
TOTAL ÁREA CONSTRUIDA más 25% circulación	2866,9

Fuente: Artículo 34 del Decreto 563 de 2007
Plan Maestro de Equipamientos de Seguridad.

Teniendo en cuenta además el terreno requerido para estacionamientos en área no administrativa y repartiendo la ocupación en tres pisos como se indicó en la tabla 1, se necesitarían lotes de aproximadamente 1100 m^2 para unidades Tipo A y 1360 m^2 para Tipo B. Adicionalmente a los parámetros nombrados por el Decreto, se revisa la distancia entre las estaciones de bomberos actuales estableciendo un radio mínimo de 1500 metros para la existencia de una nueva estación.

A partir de lo anterior se definen las alternativas de viabilidad para cada criterio a evaluar en la determinación de la zona adecuada para ubicar las nuevas estaciones:

Tabla 4. Definición de parámetros de evaluación.

CRITERIOS	ALTERNATIVAS		
	APTA	MODERADAMENTE APTA	NO APTA
Distancia a otra estación de bomberos	Más de 2500 m	1500 a 2500 m	Menor a 1500 m
Distancia a malla vial arterial, principal, complementaria o intermedia	0 a 100 m	100 a 150 m	mayor a 150 m
Distancia a la red hospitalaria	200 a 2000 m	2000 a 4000 m	Mayor a 4000 m
Distancia a centros de aglomeración o centros educativos ⁹	150 a 500 m	500 a 1000 m	Mayor a 1000 m
Pendiente del terreno	0-4%	4-7%	Mayor a 7%

Fuente: Plan Maestro de Equipamientos de Seguridad, 2007 y criterio propio de la autora.

Siguiendo la metodología AHP, se establece un peso según la importancia considerada para el proyecto a cada criterio teniendo en cuenta la siguiente escala establecida por Saaty:

Tabla 5. Escalas de evaluación metodología AHP

ESCALA MCP (Matriz de comparación por pares)
1= "El parámetro x es igualmente preferido al parámetro y"
3= "El parámetro x es moderadamente preferido al parámetro y"
5= "El parámetro x es fuertemente preferido al parámetro y"
7= "El parámetro x es muy fuertemente preferido al parámetro y"
9= "El parámetro x es extremadamente preferido al parámetro y"

Fuente: Saaty, 2008

Tabla 6. Matriz de comparación de pares

CRITERIO	Parámetro y					
	ALTERNATIVAS					
	Distancia a malla vial arterial, principal, etc.	Distancia a otra estación de bomberos	Distancia a la red hospitalaria	Distancia a centros de aglomeración o centros educativos	Pendiente del terreno	
Parámetro x	Distancia a malla vial arterial, principal, etc.	1	3/1	7/1	7/1	7/1
	Distancia a otra estación de bomberos	1/3	1	5/1	5/1	7/1
	Distancia a la red hospitalaria	1/7	1/5	1	3/1	5/1
	Distancia a centros de aglomeración o centros educativos	1/7	1/5	1/3	1	5/1
	Pendiente del terreno	1/7	1/7	1/5	1/5	1

Fuente: Saaty, 2008 y criterio propio de evaluación.

⁹ Para este ejercicio se seleccionaron únicamente los colegios distritales como muestra significativa de centros de aglomeración diaria.

Tras definir la estructura jerárquica de los criterios, la metodología AHP establece que el paso a seguir para obtener el vector propio o prioridad, es normalizar la matriz de comparación de pares dividiendo el valor de cada celda entre la sumatoria de la columna correspondiente. El vector propio será calculado del promedio de cada fila de la matriz normalizada (**Roche & Vejo, 2005**).

Tabla 7. Matriz de comparación de pares normalizada.

CRITERIO		Parámetro y				
		ALTERNATIVAS				
		Distancia a malla vial arterial, principal, etc.	Distancia a otra estación de bomberos	Distancia a la red hospitalaria	Distancia a centros de aglomeración o centros educativos	Pendiente del terreno
Parámetro x	Distancia a malla vial arterial, principal, etc.	0.54	0.64	0.52	0.38	0.36
	Distancia a otra estación de bomberos	0.18	0.21	0.31	0.38	0.28
	Distancia a la red hospitalaria	0.11	0.07	0.10	0.15	0.20
	Distancia a centros de aglomeración o centros educativos	0.11	0.04	0.05	0.08	0.12
	Pendiente del terreno	0.06	0.03	0.02	0.03	0.04

Fuente: Evaluación puntual a partir de metodología AHP. Saaty, 2008.

El equilibrio de los valores obtenidos de acuerdo a los pesos dados por el evaluador es comprobado mediante el grado de consistencia (RC)¹⁰ el cual debe ser menor a 0.1; de no serlo es necesaria la reevaluación de las escalas dadas a cada criterio.

Tabla 8. Matriz de comparación de pares

CRITERIO	VECTOR PRIORIDAD	PRIORIDAD %
Distancia a malla vial arterial, principal, complementaria o intermedia	0.49	49%
Distancia a otra estación de bomberos	0.27	27%
Distancia a la red hospitalaria	0.13	13%
Distancia a centros de aglomeración o centros educativos	0.08	8%
Pendiente del terreno	0.03	3%

Fuente: Resultados obtenidos de acuerdo a metodología AHP. Saaty, 2008.

¹⁰ Para entender mejor como se obtiene el grado de consistencia se recomienda consultar el siguiente link: <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/AHP/AHP-Example.htm>

2.4 ANÁLISIS ESPACIAL

Para comenzar con la etapa de análisis espacial, las capas geográficas escogidas como criterio de evaluación son proyectadas del Sistema de Referencia MAGNA - SIRGAS en coordenadas geográficas a la proyección cartesiana MAGNA Ciudad Bogotá para un manejo adecuado de la información de acuerdo al tipo de procesamiento a realizar. Por la densidad de los datos disponibles para toda la ciudad, las capas fueron previamente limitadas al área de estudio definida, permitiendo una ejecución más ligera durante el procesamiento de la información.

Una vez definidas las prioridades de los criterios a evaluar para llegar a la capa de las zonas aptas para localizar estaciones de bomberos, se procede a transformar cada criterio de acuerdo a las alternativas presentadas en la Tabla 4 en capas raster¹¹. Para esto, se emplea el módulo Spatial Analyst de ArcGIS 10.3¹², el cual cuenta con herramientas destinadas para este tipo de estudios. El procedimiento se presenta a continuación:

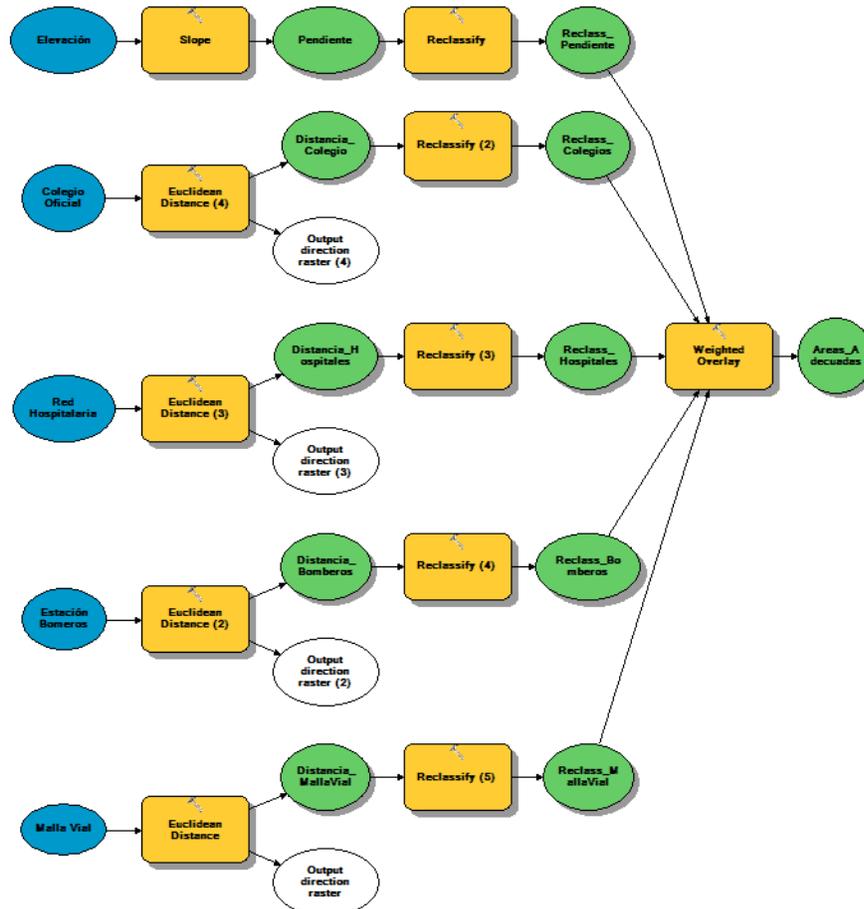


Figura 3. Secuencia de geoprocesamiento para generar capa de áreas adecuadas en Model Builder¹³.

¹¹ Es un formato para almacenamiento, procesado y visualización de datos geográficos.

¹² Software desarrollado por ESRI usado en el campo de sistemas de información geográfica.

¹³ Aplicación de ArcGIS considerada un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo.

El primero procesamiento a realizar es el cálculo de la distancia euclidiana de cada capa criterio. Este cálculo corresponde a la distancia entre dos o más puntos en un plano y espacio determinado.

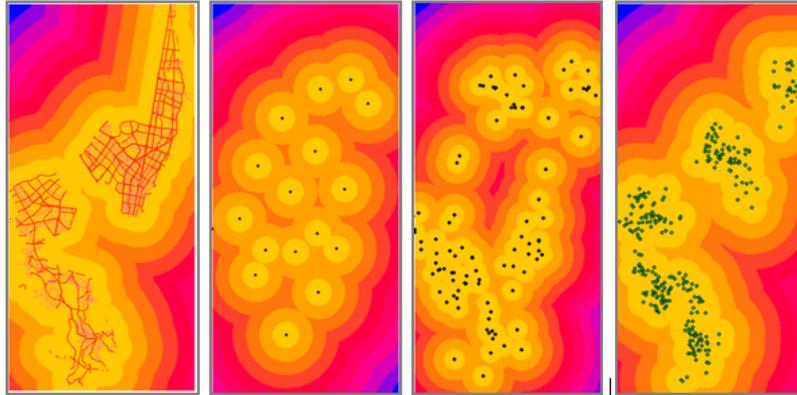


Figura 4. Capa resultante de Euclidean Distance para malla vial, estaciones de bomberos, red hospitalaria y colegios oficiales de izq. a der. respectivamente.

Generadas las capas de distancia, se reclasifica la información según las alternativas determinadas en la Tabla 4. Se asigna el nuevo valor 1 a la alternativa apta, el valor 2 a moderadamente apta y el valor 3 a la no apta correspondiente.

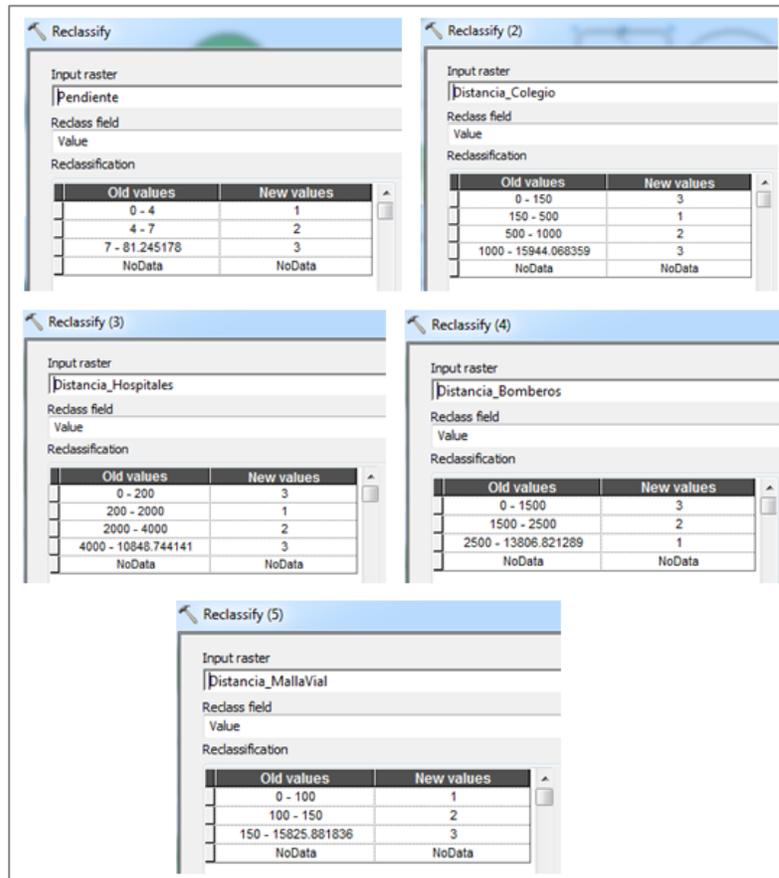


Figura 5. Reclasificación de datos según alternativas establecidas.

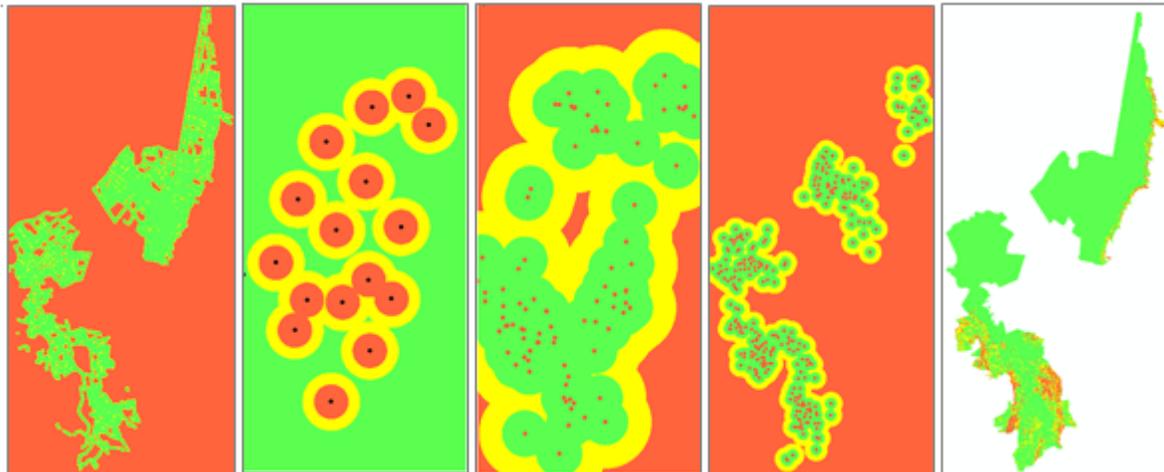


Figura 6. Capas geográficas reclasificadas según alternativas establecidas. Malla vial, estaciones de bomberos, red hospitalaria, colegios oficiales y pendiente de izq. a der. respectivamente

3. RESULTADOS

El proceso final para obtener la capa de áreas óptimas se hace a través de la herramienta Weighted Overlay, donde se superponen las capas criterio reclasificadas y se les asigna el valor propio o porcentaje de prioridad calculado en la Tabla 8 por medio del Proceso de Análisis Jerárquico. A los valores reclasificados como “3, no apto” se le asigna una escala de restricción, ya que son valores no deseados en el resultado final.

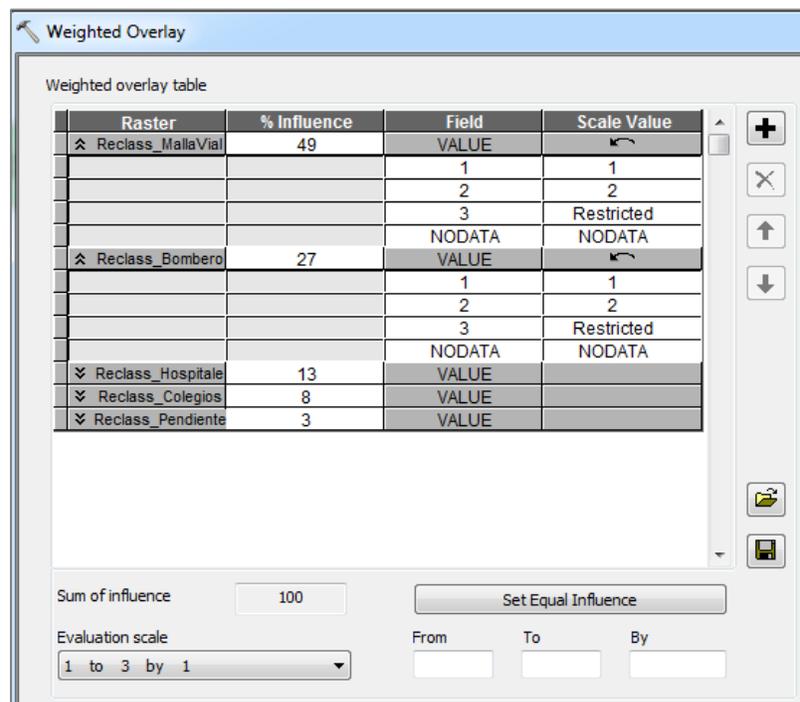


Figura 7. Asignación de escalas y porcentajes de importancia en la superposición ponderada de capas.

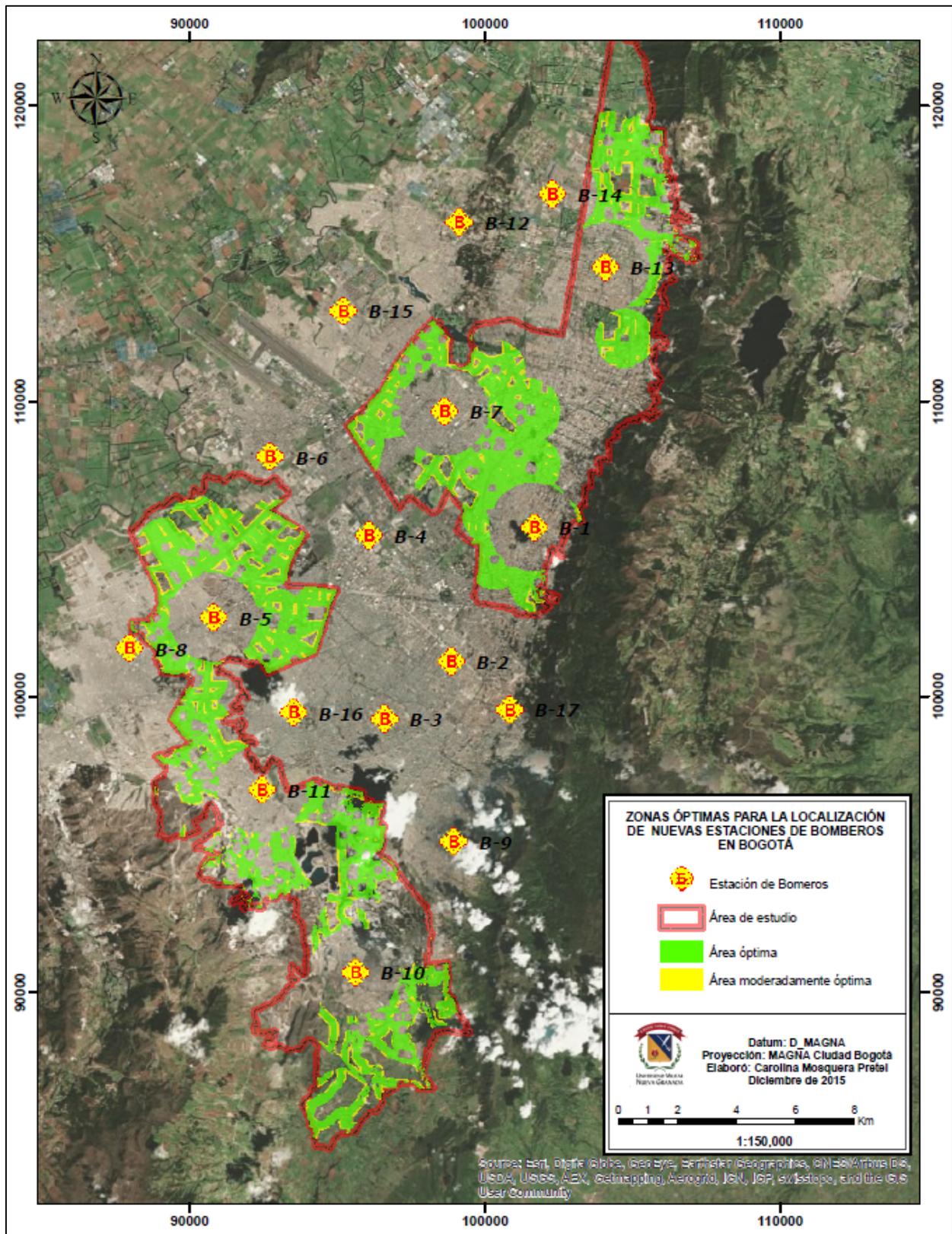


Figura 8. Mapa de Zonas óptimas para localizar nuevas estaciones de bomberos en Bogotá.
Fuente: Generado a partir del módulo Spatial Analyst de ArcGIS 10.3 y análisis multicriterio.

La superficie resultante de zonas óptimas en las áreas de estudio es de **6067 hectáreas** y **923 hectáreas** para zonas moderadamente aptas.

Cruzando esta capa con información de lotes de un área mínima de $1100 m^2$ según lo dispuesto en las normas arquitectónicas del Decreto 563 de 2007 y de uso del suelo similar al de las actuales estaciones de bomberos según la base de datos de IDECA (Bodega, deposito, enramada, institucional puntual, oficinas y consultorios, y parqueadero cubierto, entre otras), se obtiene que 433 lotes cumplen con los parámetros para localizar adecuadamente nuevas estaciones de bomberos dentro de las áreas con mayor índice de atención de emergencias actualmente.

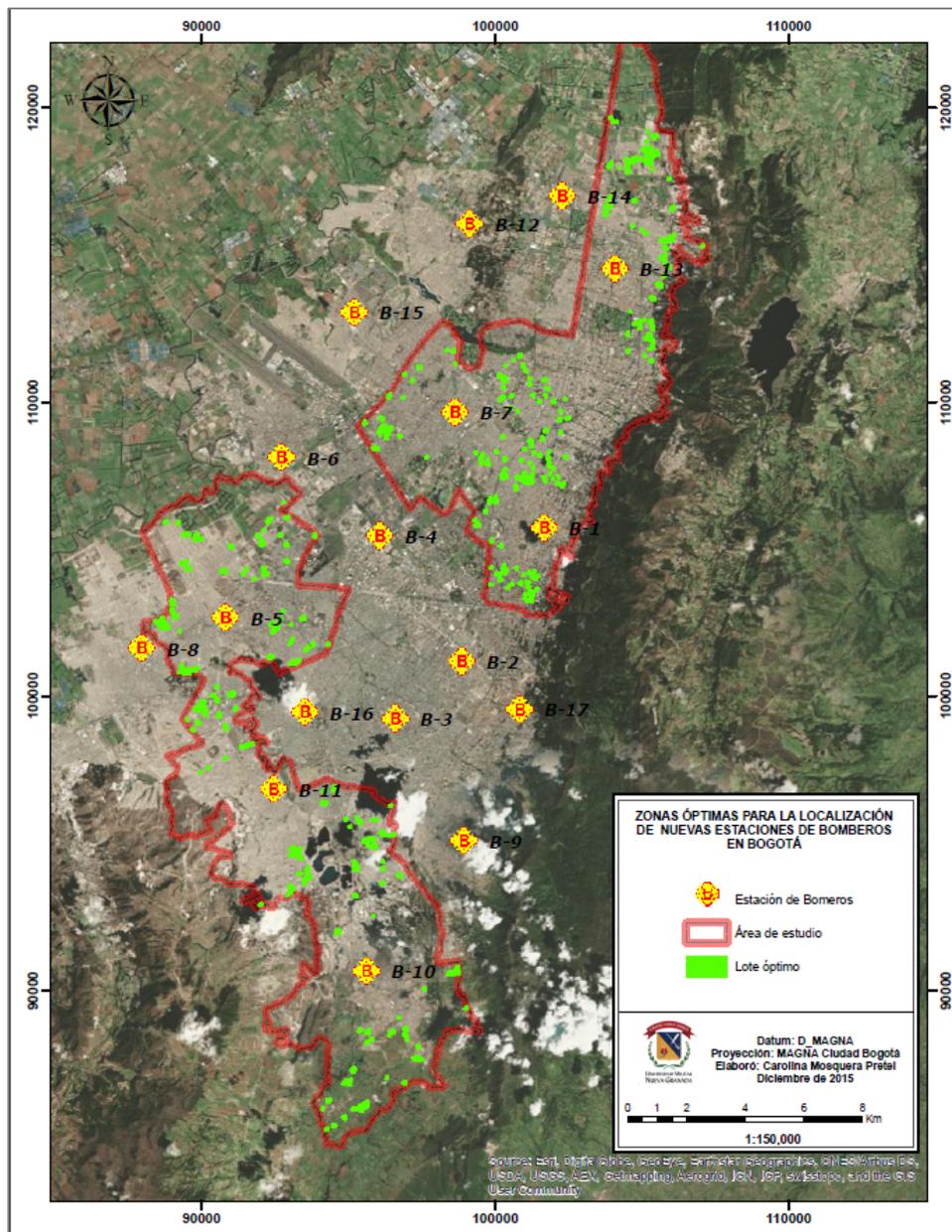


Figura 9. Mapa de Lotes óptimos para localizar nuevas estaciones de bomberos en Bogotá.
Fuente: Generado a partir del módulo Spatial Analyst de ArcGIS 10.3 y análisis multicriterio.

4. CONCLUSIONES

El análisis multicriterio permite resolver toda clase de dudas en la forma y metodología a seguir para tomar la mejor decisión a la hora de ejecutar cualquier proyecto. En este caso, el Proceso de Análisis Jerárquico permitió determinar de la mejor manera el nivel de importancia de cada parámetro a evaluar al momento de determinar la localización adecuada para las nuevas estaciones según lo dispuesto por el decreto Decreto 563 de 2007 y de acuerdo a unas alternativas asignadas basadas tanto en este, como en el criterio de la evaluadora. Todo lo anterior en conjunto con las herramientas de análisis espacial existentes en varios software de sistemas de información geográfica. Para este estudio puntualmente se usó el modulo del software ArcGIS 10.3, sin embargo hay otros con plataformas libres que tienen herramientas similares.

El parámetro de centros de aglomeración es considerablemente sensible, porque aunque su prioridad en la jerarquía de criterios es de solo 8%, no se tuvieron en cuenta todos los sitios con estas características. Al agregar la totalidad de colegios, iglesias y centros de eventos masivos podría reducir significativamente las zonas aptas. El Decreto 563 de 2007 no es claro a la hora de definir los parámetros mínimos o el alcance para considerar un lugar como centro de aglomeración. También hay que tener en cuenta que el área se reduce al sustraer las franjas correspondientes a la reserva de la malla vial y andenes de la ciudad.

Para dar mayor precisión al resultado de las zonas aptas, se puede sumar a los parámetros de evaluación el cálculo de rutas óptimas. Igualmente, si se contara con las capas geográficas de los usos del suelo permitido y del patrimonio inmobiliario que la Secretaria Distrital de Planeación maneja, el resultado podría ser puntual.

La necesidad de incrementar la infraestructura del Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá es urgente, lamentablemente los recursos destinados a la entidad no han sido suficientes para suplir dicha necesidad, por lo que actualmente dependen que la Secretaria Distrital de Planeación disponga de algún predio perteneciente al Distrito. El resultado de este análisis puede ayudar a resolver dudas con respecto a la metodología para determinar la localización de nuevas estaciones de bomberos, inicialmente en las zonas con mayor índice de emergencias, además de mostrar gráficamente áreas adecuadas a considerar de manera inmediata.

REFERENCIAS

Pinzón Ospina, E. (2015). Determinación de zonas aptas para la construcción de colegios distritales en la localidad de Suba, partiendo de métodos de análisis multicriterio y herramientas SIG. *Universidad Militar Nueva Granada*.

Bosque Sendra, J., & Moreno Jimenez, A. (2004). *Sistemas de Información Geográfica y Localización Óptima de Instalaciones y Equipamientos*. Editorial RA-MA.

IDECA. (octubre de 2015). *Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital*. Obtenido de <http://www.ideca.gov.co/index.php?q=es/content/cat%C3%A1logo-de-datos-geogr%C3%A1ficos>

Parvene, Z., & Seyedeh, Z. (2015). Analysis of the Spatial distribution and Locating fire stations, city Branch using GIS (case of study in Vavan town). *GMP review*. Obtenido de www.euromed.uk.com/files/documents/M-105.pdf

Plan Maestro de Equipamientos de Seguridad Ciudadana, Defensa y Justicia para Bogotá D.C., Decreto 563 de 2007 (Alcaldía Mayor de Bogotá Distrito Capital 30 de noviembre de 2007).

Roche, H., & Vejo, C. (2005). *Facultad de Ciencias Económicas y de Administración. Universidad de la República*. Obtenido de www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1,*, 83-98.

UAECOB. (2011). *Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá*. Obtenido de <http://www.bomberosbogota.gov.co/content/view/1483/119/>