

**CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE AMBULANCIAS PARA RESPONDER CON
OPORTUNIDAD Y EFICACIA A LOS INCIDENTES MÉDICOS Y DE ATENCIÓN
PRE HOSPITALARIA QUE SE SUSCITAN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ
DURANTE EL AÑO 2018**

JOSÉ OCTAVIANO BARRERA GUTIÉRREZ

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN EN SALUD
BOGOTÁ D.C.
2018**

**CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE AMBULANCIAS PARA RESPONDER CON
OPORTUNIDAD Y EFICACIA A LOS INCIDENTES MÉDICOS Y DE ATENCIÓN
PRE HOSPITALARIA QUE SE SUSCITAN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ
DURANTE EL AÑO 2018**

JOSÉ OCTAVIANO BARRERA GUTIÉRREZ

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Administración en Salud

Tutor:

**LEONAR GIOVANNI AGUIAR MARTÍNEZ
PROFESOR ASISTENTE, FACULTAD MEDICINA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN IGNACIO**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN EN SALUD
BOGOTÁ D.C.
2018**

A mis hijos, Ana Sofía y Nicolás...

A mi esposa, Adriana...

A mi madre, Ruth Aide...

Sin su apoyo incondicional,

Sin sus palabras de aliento,

Sin su comprensión y sacrificios,

la meta habría sido inalcanzable.

Agradecimientos

Presento un especial agradecimiento al doctor Luis Gonzalo Morales Sánchez, Secretario de Salud de Bogotá, Distrito Capital durante el periodo 2016 – 2018, sin cuyo apoyo en la búsqueda de la mejor información para la toma de decisiones, no hubiese sido posible adelantar el presente estudio.

De la misma manera, agradezco al equipo de personas que de manera desinteresada, ayudaron en el desarrollo de la investigación: Johan Manuel Redondo PhD, quien generó directrices permanentes, Jorge Catumba Ruiz PhD(c), riguroso en el manejo de la información y sus sistemas de análisis, Rafael Ricardo Rentería PhD, gran apoyo en la determinación de la simulación y gestión del hardware y por supuesto, mis agradecimientos al doctor Leonar Giovanni Aguiar Martínez, persistente tutor que asumió compromisos más allá de la orientación haciéndose parte integral del equipo de investigación.

Sin la ayuda de cada uno de ustedes y de mi esposa, quien compartió noches de trabajo, el presente trabajo de grado no habría podido llegar a consolidarse.

EL AUTOR.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| RESUMEN | 10 |
| CAPÍTULO 1: FORMULACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO | 12 |
| 1.1. Contextualización..... | 12 |
| 1.2. Planteamiento del problema..... | 15 |
| 1.3. Justificación | 17 |
| 1.4. Objetivos..... | 17 |
| 1.4.1. <i>Objetivo General</i> | 17 |
| 1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> | 17 |
| 1.5. Metodología | 18 |
| 1.5.1. <i>Descriptores generales de la investigación.</i> | 18 |
| 1.5.2. <i>Diseño de la investigación.</i> | 19 |
| CAPÍTULO 2. PROPÓSITO DEL TRABAJO | 28 |
| 2.1. Marco de referencia | 28 |
| 2.1.1. <i>Marco teórico</i> | 28 |
| 2.1.2. <i>Marco normativo</i> | 36 |
| 2.1.3. <i>Estado del arte.</i> | 37 |
| CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA | 42 |
| 3.1. Metodología | 42 |
| 3.2. Mapas de comportamiento de incidentes por localidad. | 50 |
| 3.3. Tortas..... | 52 |
| 3.4. Gráfica de promedio de pendientes de cada UPZ. | 53 |
| 3.5. Diagrama de caja y bigotes por tipo de incidente evaluado..... | 54 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 4: SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS..... | 71 |
| 4.1. Intervención del sistema..... | 71 |
| CAPÍTULO 5: RESULTADOS | 77 |
| 5.1. Resultados..... | 77 |
| CONCLUSIONES | 82 |
| RECOMENDACIONES | 83 |
| BIBLIOGRAFÍA | 84 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Línea de tiempo de la atención médica. | 25 |
| Figura 2. Frecuencia absoluta de los incidentes ocurridos en Bogotá para los años 2014 a 2017, considerando la prioridad con la que fueron atendidos. | 44 |
| Figura 3. Frecuencia absoluta de los incidentes ocurridos en Bogotá para los años 2014 a 2017, considerando la prioridad con la que fueron atendidos. | 44 |
| Figura 4. Frecuencia absoluta de los incidentes ocurridos en Bogotá para los años 2014 a 2017, considerando la prioridad con la que fueron atendidos. | 45 |
| Figura 5. Top 15 de incidentes en salud atendidos en Bogotá D.C. durante 2017 por la DUES. | 49 |
| Figura 6. Frecuencia relativa del top 15 de incidentes en salud para el año 2017. | 49 |
| Figura 7. Incidentes por UPZ acumulados 2014 a 2017. | 51 |
| Figura 8. Incidentes por UPZ, promedio de pendientes 2014 a 2017. | 52 |
| Figura 9. Asignación de tipo de ambulancias por incidente 2014 a 2017. | 52 |
| Figura 10. Promedio pendiente resultante por UPZ 2014 a 2017. | 54 |
| Figura 11. Diagrama de caja y bigotes del incidente 601 (ACV) 2014 a 2017. | 55 |
| Figura 12. Diagrama de caja y bigotes del incidente 603 (Convulsión) 2014 a 2017. | 56 |
| Figura 13. Diagrama de caja y bigotes del incidente 604 (Evento respiratorio) 2014 a 2017. | 57 |
| Figura 14. Diagrama de caja y bigotes del incidente 605 (Dolor torácico) 2014 a 2017. | 58 |
| Figura 15. Diagrama de caja y bigotes del incidente 608 (Heridos accidentales) 2014 a 2017. | 59 |
| Figura 16. Diagrama de caja y bigotes del incidente 611 (Maltrato) 2014 a 2017. | 60 |

| | |
|---|----|
| Figura 17. Diagrama de caja y bigotes del incidente 611M (Maltrato a la mujer) 2014 a 2017..... | 61 |
| Figura 18. Diagrama de caja y bigotes del incidente 613 (Inconsciente paro) 2014 a 2017..... | 62 |
| Figura 19. Diagrama de caja y bigotes del incidente 617 (Síntomas gastrointestinales) 2014 a 2017. | 63 |
| Figura 20. Diagrama de caja y bigotes del incidente 910 (Lesiones personales) 2014 a 2017..... | 64 |
| Figura 21. Diagrama de caja y bigotes del incidente 918 (Intento de suicidio) 2014 a 2017..... | 65 |
| Figura 22. Diagrama de caja y bigotes del incidente 924 (Enfermo) 2014 a 2017. | 66 |
| Figura 23. Diagrama de caja y bigotes del incidente 934 (Riña) 2014 a 2017. | 67 |
| Figura 24. Diagrama de caja y bigotes del incidente 941 (Trastorno mental) 2014 a 2017..... | 68 |
| Figura 25. Diagrama de caja y bigotes del incidente 942H (Accidente de tránsito con heridos) 2014 a 2017..... | 69 |
| Figura 26. Diagrama de caja y bigotes del total de incidentes generado como solución óptima en la simulación..... | 77 |
| Figura 27. Diagrama de caja y bigotes del cada tipo de incidentes generado en el marco de la solución óptima en la simulación. | 78 |
| Figura 28. Distribución de incidentes del año promedio utilizado en la simulación y bases de ambulancias utilizadas..... | 79 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Matriz de variables de estudio, contenidas en las bases de datos de los años 2014, 2015, 2016 y 2017. | 22 |
| Tabla 2. Códigos en la guía de tipificación utilizados para los incidentes en salud. | 42 |
| Tabla 3. Comparación de las prioridades establecidas en la guía de tipificación y las prioridades que han sido asignadas bajo la atención en el periodo 2014 a 2017 y en el año 2017. Se han resaltado en verde aquellas en las que existe disparidad con las prioridades según datos del 2017. | 45 |
| Tabla 4. Códigos en los que las prioridades establecidas en la guía difieren de las prioridades dominantes que se obtienen al revisar la base de datos histórica. Se sugiere el cambio en aquellos que difieren y se encuentran por encima del 50%. | 48 |
| Tabla 5. Distribución del tipo de ambulancias generado como solución óptima en la simulación. | 78 |
| Tabla 6. Ubicación de las bases de ambulancias básicas generadas como solución óptima en la simulación. | 80 |
| Tabla 7. Ubicación de las bases de ambulancias medicalizadas generadas como solución óptima en la simulación. | 81 |
| Tabla 8. Determinación de cantidad de ambulancias requeridas de acuerdo con los tiempos de ocupación de ambulancia y los segundos entre la ocurrencia de incidentes. | 81 |

RESUMEN

Existen diversos sistemas de emergencias médicas en el mundo diseñados para responder a los entornos en los cuales se desenvuelven. La ciudad de Bogotá tiene un sistema propio con 2 tipos de recursos: básicos y medicalizados, tripulados por recurso humano diferenciado y complementario, sin embargo no hay claridad en la cantidad de recursos necesarios para la atención de la población del Distrito Capital, ni sobre su ubicación dentro de la ciudad para lograr optimizar los tiempos de respuesta. Adicionalmente no está confirmada la relación de ambulancias básicas y medicalizadas que mejor responden a los tipos de incidentes en salud que diariamente se presentan.

Después de una revisión sobre los diferentes modelos de sistemas de emergencia, la forma de acceso de la población al sistema, la metodología de clasificación de los incidentes, los tipos de recursos, la forma de establecer la ubicación de recursos en los diversos sistemas, se procedió a definir el tiempo de respuesta que debe ser tomado como referencia y el incidente que lo determina, basado en el análisis de los estudios sobre supervivencia y disminución de efectos secundarios producto de los tiempos de respuesta en diferentes patologías.

A partir de la información de la totalidad de incidentes en salud que llegaron a la línea de emergencias 123 de Bogotá y a los cuales se les despachó por lo menos un recurso y tiene como código de cierre “atendido”, durante los años 2014, 2015, 2016 y 2017, se realizó un estudio observacional de tipo descriptivo retrospectivo en el cual se caracterizó el sistema de emergencias de la ciudad de Bogotá D.C. y se determinaron los tiempos de respuesta presentados en el periodo de estudio para cada tipo de incidente, así como el tipo de ambulancia utilizado en cada caso.

Adicionalmente se revisó la prioridad asignada a los diversos tipos de incidentes en salud en la guía de tipificación versus la prioridad dominante en el año 2017 y el comportamiento de los incidentes por Unidades de Planeación Zonal (UPZ) de cada localidad.

Con la información recopilada, se definió la ubicación de los recursos utilizando algoritmos genéticos mediante los cuales se utilizaron múltiples escenarios hasta lograr el más adecuado en términos de máxima aproximación al tiempo de

respuesta referenciado en la literatura médica, posteriormente, se establecieron el tipo y cantidad de recursos a través de la simulación de eventos discretos como herramienta multi-criterio que facilita acercarse a la dinámica real del proceso de despacho de ambulancias.

Finalmente, mediante teoría de colas se logró determinar la cantidad de ambulancias requeridas en la ciudad de Bogotá para atender los incidentes, acorde a los estándares establecidos en la literatura y a los hallazgos de las fases iniciales del trabajo de grado.

Palabras claves: Atención Pre Hospitalaria, sistema de emergencias médicas, ambulancias, georreferenciación de ambulancias, cantidad de ambulancias, tiempos de respuesta a emergencias, algoritmos genéticos, simulación de eventos discretos.

CAPÍTULO 1: FORMULACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

1.1. Contextualización

Según la Secretaria Distrital de Salud, *“las urgencias y emergencias se refieren a todo evento extraordinario con aparición en forma súbita que genera o con potencialidad de generar, un aumento de la morbi-mortalidad de la población o afectación inusitada de la salud”* (Secretaría de Salud Distrital de Bogotá, 2017).

Para el abordaje de la atención pre hospitalaria de las situaciones médicas de urgencia existen dos grandes tendencias en los sistemas de emergencias médicas, en relación con el valor de realizar intervenciones prolongadas en la escena para estabilizar el paciente, o generar traslados con mayor oportunidad para que el paciente reciba atención médica de mayor complejidad con mayor oportunidad. Ejemplo de lo anterior, lo plasma Smith donde manifiesta que una mejor capacitación y experiencia ha permitido al personal médico de emergencia proporcionar niveles avanzados de atención en el lugar del trauma. Si bien podría esperarse que esto mejore el resultado de una lesión importante, los datos actuales no lo respaldan. De hecho, las intervenciones pre hospitalarias más allá del soporte vital básico no han demostrado ser efectivas y en muchos casos han demostrado ser perjudiciales para el resultado del paciente. Es mejor «recoger y correr» que «quedarse y jugar» (Smith & Conn, 2009).

En la evolución de los sistemas de emergencias, a finales de los años 60 y principios de los 70, teniendo en cuenta la amplitud de los procesos que encierra la atención de urgencias, empiezan a aparecer equipos de asistencia cualificados extra hospitalarios, siendo los más representativos los norteamericanos *Emergency Medical Services* y los franceses *Services d'Áide Medical Urgente* SAMU (Martínez Estalella, 2010). En 1973 el Congreso de los Estados Unidos de Norteamérica publicó el acta para el desarrollo de los servicios médicos de urgencias, donde se introduce el concepto de asistencia integral, como organización que integra y optimiza todos los elementos implicados en la atención urgente, traducándose en la creación de los sistemas especiales y normales de urgencias, haciendo énfasis en que los primeros disponen de recursos móviles además de centros asistenciales fijos (Martínez Estalella, 2010). Para 1988, en un informe de la defensoría del pueblo que denunciaba la situación de la atención médica urgente en España, se inició la aplicación de la idea de Asistencia Integral, conduciendo a la paulatina aparición de sistemas integrales de urgencias y emergencias de las distintas comunidades a partir de los años 90 (Torres Morera, 2002).

Ahora bien, un sistema integral de urgencias y emergencias se define como el conjunto integrado de acciones, procedimientos y recursos, capaz de responder de forma adaptada, integral y continua, a situaciones de compromiso vital (Boyd, 1980). Éste debe ser integral, y estar coordinado desde la educación sanitaria, planificación, financiación, etc., hasta la elaboración de planes autonómicos de urgencia y la creación de un plan nacional de urgencias (Perales Rodríguez de Viguri, 1986).

Los sistemas de urgencias y emergencias se componen de una sucesión de circunstancias favorables que, de producirse, hacen más probable que una persona sobreviva a una situación de emergencia médica, cada una de estas circunstancias corresponde a un eslabón de la cadena de supervivencia, y del éxito de uno depende el de los demás eslabones, de allí la importancia de que se coordinen entre sí perfectamente (Morales, 2001).

El primer paso para la activación en los procesos en un sistema de urgencias y emergencias es la comunicación de la urgencia o emergencia a la coordinación del sistema, el cual es de suma importancia en el establecimiento de los recursos y el direccionamiento de las acciones a seguir según el tipo de incidente notificado (Dale et al., 2004). Una vez establecida la comunicación se realiza la clasificación del incidente mediante la aplicación de diversos criterios de Triage, sin embargo, es preciso diferenciar entre conceptos de clasificación y Triage; la primera se realiza cuando existe un equilibrio entre la demanda del paciente (situación clínica) y la asistencia que se le puede dar y el segundo se emplea en situaciones en las que ese equilibrio se rompe y existe un desbordamiento de los servicios de emergencias (prima el pronóstico) (Morillo Rodríguez, J., Abad Esteban, F., Acebedo Esteban, F. J., Aranda Fernández, A., Barrado Muñoz, L., Cabezas Moreno, 2007). Existen diferentes tipos de Triage en función de si nos encontramos en ámbito intra o extra-hospitalario y de nuestro marco contextual (accidente simple, múltiples víctimas, catástrofe, etc.). Estas situaciones críticas tienen un plano de actuación, que puede variar ligeramente en función del siniestro, pero que mantiene unas directrices de planificación y gestión del lugar y de los recursos (que son los que varían en su magnitud).

Aunque cada país tiene su propio sistema de emergencias de salud, hay acuerdo en que este sistema debe estar constituido por un componente de activación y filtro (línea de emergencia) y un componente de despacho de recursos con personal específico para la atención de los incidentes de salud que se susciten, que pueden ser remunerados o voluntarios, y que a través de una coordinación conjunta,

atienden de la forma más rápida y eficaz posible a la población necesitada *in situ* o en un centro hospitalario adecuado (Caravaca Caballero, 2009).

En el mundo existen diversas líneas telefónicas de urgencias y emergencia para la notificación de incidentes que atenten contra la integridad y la salud de la población, este concepto fue desarrollado por el cuerpo de Bomberos de Gran Bretaña y así se ha venido extendiendo y estandarizando en diversas zonas del mundo. La característica de los números de emergencia es que son de tres dígitos que sean fáciles de recordar y marcar rápidamente. Algunos países tienen un número de emergencia diferente para cada uno de los diferentes servicios de emergencia. Dentro de la Unión Europea, 112 se introdujo como un número de llamada de emergencia común durante la década de 1990 y es un número de emergencia bien conocido en el mundo de hoy junto con el 911 empleado en Estados Unidos y Canadá y el 999 en Panamá e Inglaterra.

En el caso de Colombia, inicialmente se manejaban números diferentes para cada uno de los servicios de emergencias. Posteriormente, en 1997 se expidió la resolución 087 de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones donde se estableció como Número Único de Emergencias en el territorio nacional el 123. El Fondo de Vigilancia y Seguridad propuso en 2000 la necesidad del Centro de Atención y Despacho de Incidentes, creando el Sistema Integrado de Atención de Llamadas de Despacho de Emergencias en el año 2002. En el decreto 053 de febrero 15 de 2002 se crea el Comité para la implementación del Número Único de Emergencias y Seguridad del Distrito Capital.

El Número Único de Seguridad y Emergencias NUSE 123, es definido por primera vez en los artículos 59 al 65 del Capítulo 6 del Título VII del Decreto 503 de 2003, como “el sistema que se ocupará de recibir las llamadas de los ciudadanos o de las entidades solicitando ayuda en casos de emergencias de cualquier tipo o reportando casos de policía, y de despachar las unidades de los organismos de emergencia y seguridad en forma coordinada, para dar una respuesta eficiente y rápida para cada uno de los escenarios de emergencias y seguridad”. Este decreto también estableció los subsistemas que hacen parte de la línea de atención de Emergencias, constituyendo al CRUE como “la agencia en salud que recibe las solicitudes, casos e incidentes desde el Número Único de Seguridad y Emergencias - Línea 123” (Secretaría Distrital de Salud, 2017).

La implementación del sistema del NUSE 123 se da con el decreto 451 de 2005. Tiene en cuenta este decreto, entre otros aspectos, las características básicas del sistema, las previsiones presupuestales, las facultades de delegación de funciones

relacionadas con la implementación y gestión del sistema, la dirección y supervisión, y los aspectos relacionados con el amparo legal y constitucional de la información manejada en el sistema.

Hoy en día la línea de emergencias NUSE 123 es el sistema de activación de las agencias de despacho de recursos para la atención de incidentes de seguridad y emergencias, las cuales son el Cuerpo Oficial de Bomberos, la Dirección de Urgencias y Emergencias en Salud – DUES, el Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático – IDIGER, el Centro Automático de Despacho de la Policía Metropolitana de Bogotá - CAD y el Centro de Gestión de Tránsito de la Secretaría Distrital de Movilidad.

De este modo, los incidentes en salud son reportados por los usuarios del sistema a la línea 123, quienes copian los incidentes y transfieren las llamadas al Centro Operativo de la Dirección de Urgencias y Emergencias en Salud – DUES con un código que tipifica el incidente y una prioridad que ha sido preestablecida al código. Con esta información, la DUES aplica los protocolos para la obtención de la información relacionada con el estado clínico del paciente de modo que se verifique la prioridad asignada por defecto desde la línea 123 y la conducta a seguir en el despacho de recursos (Concejo de Bogotá, 2010). Actualmente, el despacho de recursos se realiza a partir de cuatro jurisdicciones: norte, centro, sur-oriente y sur-occidente.

Los códigos de tipificación de todo el sistema (96 a octubre de 2017 de los cuales 43 son de incidentes de salud) se encuentran consignados en la Guía de tipificación del Sistema Integrado de Seguridad y Emergencias, los cuales son articulados para el despacho de recursos con la Guía de regulación médica de urgencias y emergencias de la Secretaría Distrital de Salud.

1.2. Planteamiento del problema

Son muchos los esfuerzos que realiza la administración distrital buscando garantizar el funcionamiento eficiente del Sistema Integrado de Seguridad y Emergencias NUSE 123, sin embargo, los ciudadanos han presentado quejas relacionadas con la agilidad con la que los recursos son despachados para la atención de los incidentes de salud, produciéndose desconfianza de los bogotanos en la institución pública encargada del servicio de salud.

Al respecto, se cuestionan el número de zonas de despacho con las que debería contar la DUES, los sitios de las bases de los recursos, el número de recursos, los tipos de recursos y, por supuesto, como indicador de la manera en que todo esto se articula, los tiempos de respuesta, de los cuales se espera que sean proporcionales a las situaciones de urgencias y emergencias que se atienden.

Adicionalmente, no se cuenta con un análisis estadístico que permita conocer el estado general de la DUES frente al despacho de los recursos, ni se cuenta con modelos de distribución de los recursos para la atención de los incidentes de salud en Bogotá.

En este contexto, se propuso en este documento dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál debe ser la cantidad y la distribución de ambulancias para responder con oportunidad y eficacia a los incidentes médicos y de atención pre hospitalaria que se suscitan en la ciudad de Bogotá durante el año 2018?

Las siguientes fueron las consideraciones que se realizaron para delimitar la pregunta de investigación:

- Sobre la cantidad de ambulancias se consideró definir el número dentro de dos categorías: básicas y medicalizadas.
- La distribución se refiere a las bases para el despacho de recursos, lo que a su vez termina por definir el número de zonas que debería tener la ciudad.
- La oportunidad se refiere al tiempo de respuesta, el cual se establece desde la creación del incidente en la Línea 123 hasta el inicio de la atención *in situ* del incidente.
- La eficacia será entendida como la manera en la que se articula las zonas de despacho con las que debería contar la DUES, los sitios de las bases de los recursos, el número de recursos y los tipos de recursos, teniendo como indicador el tiempo de respuesta.

Los análisis fueron realizados con la base de datos entregada por la DUES para los años 2014 a 2017 de los incidentes atendidos.

Los resultados obtenidos pueden orientar la política pública de atención de incidentes en salud ocurridos en la ciudad de Bogotá y su metodología puede ser aplicable a cualquier territorio en el que se cuente con la estructura para la atención de incidentes de seguridad y emergencias que posee el Distrito Capital.

1.3. Justificación

El establecimiento de la cantidad y la distribución de ambulancias para responder con oportunidad y eficacia a los incidentes médicos y de atención pre hospitalaria que se suscitan en la ciudad de Bogotá durante el año 2018 tiene importancia porque se convierte en uno de los documentos técnicos de referencia para la política y gestión pública en la atención de los incidentes en salud que ocurren en el Distrito Capital, lo que está orientado a mejorar el bienestar de los capitalinos, en línea con la política pública distrital.

Al respecto de la factibilidad de realización del estudio y de la posibilidad de ser concluyentes, el DUES entregó la base de datos 2014 a 2017 de los incidentes en salud atendidos en Bogotá, lo que permite una descripción del estado general del DUES frente al despacho y la elaboración de modelos de distribución de los recursos para la atención de los incidentes de salud en Bogotá.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Establecer la cantidad y la distribución de ambulancias para responder con oportunidad y eficacia a los incidentes en salud y de atención pre hospitalaria que se suscitan en la ciudad de Bogotá durante el año 2018.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Determinar los tipos de ambulancia que debe tener el Sistema Integral de Urgencias y Emergencias Distrital, de acuerdo con la priorización y la tipificación de incidentes médicos atendidos en Bogotá.

2. Establecer los tiempos de traslado al sitio del incidente (oportunidad de respuesta) que debe tener el Sistema Integral de Urgencias y Emergencias Distrital, de acuerdo con la priorización y la tipificación de incidentes médicos atendidos en Bogotá.
3. Definir la demanda de ambulancias por tipo, a partir de la cantidad, localización y tiempos de traslado al lugar del incidente partiendo de los datos históricos de Bogotá.
4. Definir el mejor escenario que busque garantizar el tiempo de respuesta adecuado a su prioridad con el menor número de ambulancias en el marco de la atención de incidentes en salud en la ciudad, teniendo en cuenta la oferta y la demanda del Sistema Integral de Urgencias y Emergencias Distrital.

1.5. Metodología

A continuación, se presentan los descriptores generales de la investigación y el diseño de investigación que se realizó para la obtención de los resultados que se presentan.

1.5.1. Descriptores generales de la investigación.

Tipo de estudio: Estudio observacional de tipo descriptivo retrospectivo.

Universo: El universo está constituido por los reportes de incidentes de salud realizados a la línea de emergencias 123 de Bogotá durante los años 2014, 2015, 2016 y 2017.

Unidad de observación: La unidad de observación son los reportes de incidentes de salud a los cuales se les despachó por lo menos un recurso y tiene como código de cierre “atendido”, durante los años 2014, 2015, 2016 y 2017.

Unidad de análisis: La unidad de análisis será el tiempo de respuesta pre hospitalaria, entendido como el tiempo que transcurre entre la creación del incidente en la plataforma tecnológica del NUSE y la llegada del recurso al sitio de incidente.

Muestra de intención: Debido a que se dispone de toda la población y se va a analizar en su totalidad, no se realizará muestreo.

Periodo del estudio: Seis (6) meses durante los cuales se desarrollarán las actividades contempladas en el presente trabajo de grado y se analizarán las bases de datos de los años 2014, 2015, 2016 y 2017.

1.5.2. Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación se desarrolló en cuatro (4) fases, las cuales se describen a continuación:

Primera fase: Se realizará una revisión sistemática de la información científica disponible acerca de los criterios de priorización y los códigos de tipificación de incidentes utilizados por los diversos sistemas de urgencias y emergencias en el mundo, los modelos de localización de ambulancias utilizados en el mundo cuyo propósito sea la reducción de los tiempos de respuesta y los tiempos de respuesta recomendados en la literatura para las patologías que mayor incidencia presentan en el estado de morbilidad y mortalidad de la población y en las cuales el tiempo de traslado tiene impacto en dicho pronóstico.

Segunda fase: Se desarrollará un estudio observacional descriptivo retrospectivo, con la información de los “*incidentes atendidos*” de urgencias y emergencias en salud, reportados durante los años 2014, 2015, 2016 y 2017 al Número Único de Seguridad y Emergencias 123 (NUSE) y registrados en la base de datos del Sistema Integrado de Seguridad y Emergencias de Bogotá, para establecer históricamente la forma de respuesta a cada tipo de incidente de acuerdo con las siguientes variables:

- Tipo de ambulancia utilizada
- Tiempo efectivo de respuesta pre hospitalaria
- Localización geográfica de la demanda de incidentes
- Volumen de incidentes atendidos

Para establecer los tipos de ambulancia utilizados en la atención, se realizará una correlación entre los recursos movilizados y el código del incidente, de acuerdo con la guía de tipificación utilizada por el Sistema Integrado de Seguridad y Emergencias.

Para los tiempos efectivos de respuesta pre hospitalaria, se establecerá la mediana de los tiempos utilizados en el traslado al sitio del incidente en cada código de tipificación.

Para la localización y el volumen de los incidentes se levantarán capas de georreferenciación por códigos de tipificación, de acuerdo con la información de los incidentes atendidos reportados en la base de datos del NUSE los cuales se ubicarán en el mapa de Bogotá empleando un Sistema de Información Geográfica.

Tercera fase: Se desarrollará un análisis de la información obtenida en las 2 fases anteriores con el propósito de determinar la siguiente información:

Ubicación de los recursos.

La unidad básica de análisis serán las UPZ (Unidad de Planeación Zonal¹), para las cuales determinaremos las frecuencias relativas como la cantidad de incidentes que se presentan en cada UPZ a lo largo del periodo de estudio (2014, 2015, 2016 y 2017), información que tomaremos como la probabilidad de ocurrencia de los incidentes en cada unidad de análisis, identificando así los lugares en los cuales se deben colocar las bases de las ambulancias en la medida en que tienen mayor probabilidad de ocurrencia de incidentes. Adicionalmente los tiempos efectivos respuesta pre hospitalaria, deberán responder al tiempo máximo posible de traslado al sitio del incidente partiendo de la necesidad de atención que demanda cada código de tipificación y que fue establecida en la primera fase.

Cantidad de ambulancias.

A partir de la UPZ como unidad básica de análisis, determinaremos la frecuencia absoluta media de incidentes como el promedio de incidentes por hora que se presentan en cada una de las UPZ, con lo cual se puede determinar el número de

¹ Unidades de Planeación Zonal (UPZ): La función de las UPZ es servir de unidades territoriales o sectores para planificar el desarrollo urbano en el nivel zonal. Son un instrumento de planificación para poder desarrollar una norma urbanística en el nivel de detalle que requiere Bogotá, debido a las grandes diferencias que existen entre unos sectores y otros. Son la escala intermedia de planificación entre los barrios y las localidades.

recursos que se requieren en cada unidad de análisis, y mediante la simulación de eventos discretos, variar ese número de acuerdo a cada hora del día.

Tipo de recursos.

A partir de la información de la frecuencia relativa y frecuencia absoluta media para cada unidad de análisis, correlacionado con el tipo de incidente que se presenta, se puede determinar el tipo de recurso que se va a asignar a cada UPZ.

Cuarta fase: A partir de la simulación de eventos discretos, diseñar escenarios con el propósito de variar el número de recursos y el tiempo de atención de los incidentes para evitar que el Sistema de Emergencias Médicas se quede sin recursos.

Fuentes de Información

De acuerdo con lo expuesto en el presente documento, se requirió autorización de la Secretaría Distrital de Salud para el acceso a los siguientes documentos o bases de datos:

- Guía de tipificación de incidentes vigente para cada periodo de análisis.
- Bases de datos de los años 2014, 2015, 2016 y 2017 del Sistema Integrado de Seguridad y Emergencias de Bogotá.

La autorización para el acceso a la anterior información fue generada por el señor Secretario de Salud, doctor Luis Gonzalo Morales Sánchez, en comunicación del 24 de marzo de 2017 con el número de radicado 2017EE21591, posteriormente la Dirección de Urgencias y Emergencias en Salud (DUES) de Bogotá entregó la información en archivos planos enviados a través de correo electrónico.

Variables

A continuación se relacionan las variables solicitadas en las bases de datos de los años 2014 a 2017 al Centro Regulador de Urgencias y Emergencias en Salud (CRUE).

Tabla 1. Matriz de variables de estudio, contenidas en las bases de datos de los años 2014, 2015, 2016 y 2017.

| Variable | Definición Operacional | Operacionalización | Fuente de información | Instrumento | Responsable |
|---|---|--|---------------------------------|-------------|---------------|
| id_incidente | Identificador único de incidente | Secuencia de letras y números | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| tipo_incidente | Tipificación del incidente | Secuencia de letras y números | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| creacion_ts | Fecha y hora de creación del incidente | Hora exacta | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| cierre_ts | Fecha y hora en la que se cerró el incidente | Hora exacta | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| codigo_cierre | Código asignado al cierre del incidente (atendido, tramitado, etc.) | Registro del código de cierre | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| codigo_estado | Código de estado del incidente (abierto, cerrado) | Registro del estado del incidente | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| barrio | Barrio en el que se ubicó el incidente | Registro del barrio donde ocurre el incidente | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| localidad | Localidad en la que se ubicó el incidente | Registro de la localidad donde ocurre el incidente | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| coordenada x | Coordenadas geográficas del incidente | Coordenadas automáticas asignadas por el sistema de acuerdo a la dirección del incidente | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| coordenada y | Coordenadas geográficas del incidente | Coordenadas automáticas asignadas por el sistema de acuerdo a la dirección del incidente | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| Código del recurso despachado en cada incidente | Número de la ambulancia | Registro de la ambulancia asignada al incidente | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| hora de asignación del recurso | Hora en la cual se asigna y despacha un recurso | Hora exacta | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| tiempo de desplazamiento a la escena | Tiempo utilizado por el recurso para desplazarse hasta el sitio del incidente | Tiempo en minutos | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| hora de arribo a la escena | Hora en la cual el recurso arriba al sitio del incidente | Hora exacta | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| tiempo de permanencia en la escena | Tiempo utilizado por el recurso en el sitio del incidente | Tiempo en minutos | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| hora de retiro de la escena | Hora en la cual el recurso se retira del sitio del incidente | Hora exacta | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| tiempo de desplazamiento a la IPS en caso de realizarse | Tiempo utilizado por el recurso para desplazarse hasta la IPS | Tiempo en minutos | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |
| hora de arribo a la IPS | Hora en la cual el recurso arriba a la IPS | Hora exacta | Plataforma tecnológica del NUSE | ProCAD | Personal CRUE |

Esquema secuencial de tiempos de atención del incidente

El proceso de activación de la línea de emergencia y atención en salud que se deriva de ella, se realiza de la siguiente manera:

Una vez ocurrida la situación de emergencia, en un tiempo variable que no se encuentra dentro del alcance de control del Sistema de Emergencias Médicas, se produce la primer llamada a la Número Único de Seguridad y Emergencias NUSE 123, comunicación que se recibe en la *Sala Unificada de Recepción* dispuesta para tal fin donde los operadores de turno atienden las llamadas. El personal de operadores está conformado por una mezcla entre civiles y patrulleros de la Policía Nacional, garantizando el servicio ininterrumpidamente durante el año.

Los operadores del NUSE crearán un incidente en el sistema de información que maneja la ciudad, generando la tipificación, es decir, asignando un código de acuerdo a la situación descrita por el llamador, código que está vinculado con una prioridad definida con anterioridad y vinculado con algunas agencias, de acuerdo a los recursos que éste tipo de incidente requiera. Es importante mencionar que los códigos de tipificación pueden combinarse y también puede modificarse la prioridad y las agencias vinculadas de forma manual.

Las agencias vinculadas con el Número Único de Seguridad y Emergencias NUSE 123 son:

- Centro Regulador de Urgencias y Emergencias - DUES (Secretaría Distrital de Salud).
- Instituto Distrital para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático - IDIGER.
- Policía Metropolitana de Bogotá, Centro Automático de Despacho - MEOG/CAD.
- Secretaría de Movilidad.
- Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial de Bomberos Bogotá - UAECOB.

Una vez creado el incidente y vinculadas las agencias, la llamada telefónica se transfiere a la agencia que requiera ampliar la información, cuando un incidente requiere ampliación de la información por el Centro Regulador de Urgencias y

Emergencias al mismo tiempo que otra agencia, la llamada se trasladará prioritariamente a un Técnico Auxiliar en Regulación Médica (TARM) ubicado en el centro operativo del Centro Regulador de Urgencias y Emergencias, con el propósito de asesorar al llamador en los pasos iniciales para la atención de la víctima.

El incidente llega al mismo tiempo al TARM y al área de despacho donde, de acuerdo a la prioridad, al tipo de recursos disponibles, a distancia de los recursos al incidente y al criterio del Médico Regulador basado en la información del incidente y en la información que puede ampliar el TARM, se asigna y despacha el recurso requerido a través del sistema de comunicaciones que maneja la Secretaría Distrital de Salud.

Al 2 de mayo de 2018, en el Sistema de Información de la Dirección Centro Regulador de Urgencias y Emergencias –SiDCRUE- aparecen 103 recursos, de los cuales 78 corresponden a ambulancias básicas (tripuladas por un conductor y un auxiliar de enfermería), 21 a ambulancias medicalizadas (tripuladas por un conductor, un auxiliar de enfermería y un médico general) y 4 vehículos de respuesta rápida (motocicletas que no realizan traslado, solamente disminuyen la oportunidad para el inicio de la atención en salud).

El personal del recurso que recibe la información del incidente debe iniciar su desplazamiento al sitio del mismo, para lo cual puede hacer uso de los distintos medios autorizados por la Secretaría de Movilidad (sistema de señales de emergencia tanto sonoras como visuales, calzadas exclusivas, etc.). Una vez haga su arribo a la escena del incidente, el personal del recurso dispuesto procede a solicitar recursos adicionales si lo considera pertinente y realiza la valoración de las víctimas con el reporte subsiguiente de la situación al Centro Operativo, para esperar instrucciones del Médico Regulador de turno.

En caso de requerirse traslado a una institución hospitalaria, el Médico Regulador definirá el sitio de traslado basado en el estado del paciente, las instituciones más cercanas al sitio del incidente, los servicios que éstas proveen y su capacidad para dar respuesta a las necesidades de los pacientes, así como las competencias del personal de Atención Pre Hospitalario que está atendiendo el incidente.

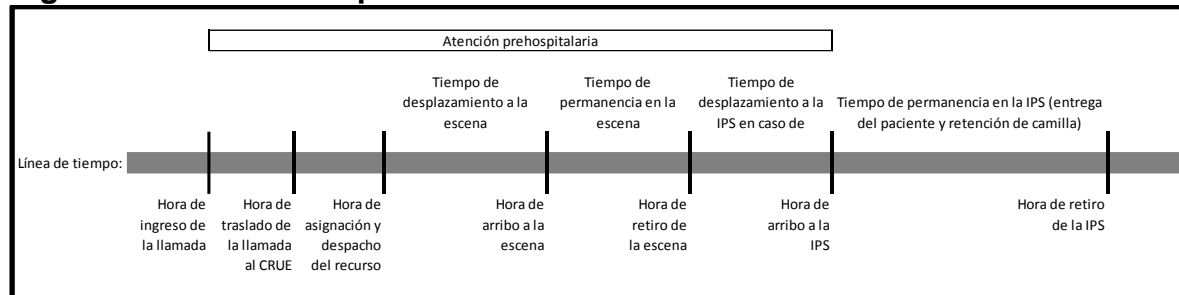
Las instituciones hospitalarias, al arribo de los recursos, deben propender por recibir de la manera más ágil los pacientes, pues la demora en la recepción implica que el Sistema de Emergencias Médicas no podrá contar con los recursos para atender

nuevas emergencias, dilatándose inadecuadamente los tiempos de respuesta a los incidentes que se presenten.

De acuerdo a lo anterior, las solicitudes de atención pre hospitalaria están obligadas a pasar por distintas etapas, delimitadas por actividades que afectan la oportunidad de la respuesta a los requerimientos.

A continuación, se presenta la línea de tiempo en la cual se establecen las diferentes partes del proceso, incluyendo los diversos tiempos de desplazamiento de los recursos y se establece el periodo denominado “atención pre hospitalaria”.

Figura 1. Línea de tiempo de la atención médica.



Como se evidencia en la gráfica anterior, la atención pre hospitalaria (APH) está compuesta por diversos espacios de tiempo claramente delimitados, los cuales definiremos a continuación:

- Oportunidad de comunicación con la línea de emergencia. Es el tiempo transcurrido entre la ocurrencia de un incidente y el momento en que se establece comunicación con el Número Único de Seguridad y Emergencias NUSE 123. Este tiempo es muy variable y no está al alcance de control de la línea de emergencias, depende exclusivamente de que una persona de la comunidad decida reportar el incidente.
- Tiempo de respuesta. está delimitado entre el ingreso de la llamada al Número Único de Seguridad y Emergencias NUSE 123 y la llegada del recurso al sitio del incidente
- Oportunidad para el despacho de recursos de emergencia. Periodo comprendido entre el establecimiento de la comunicación entre la comunidad

y el Número Único de Seguridad y Emergencias NUSE 123 y el momento en que se selecciona y despacha el recurso que atenderá la emergencia. Este periodo de tiempo está a su vez compuesto del periodo de tiempo en el cual se recibe la llamada y se crea el incidente al interior del NUSE 123, el periodo de tiempo utilizado para trasladar la llamada al Centro Regulador de Urgencias y Emergencias (CRUE), el periodo de tiempo en el cual se atiende la llamada de emergencia en el CRUE donde se hacen las preguntas que permiten realizar la confirmación de la prioridad del incidente y el periodo de tiempo en el cual el personal del CRUE establece y despacha el recurso (Tiempo de vinculación del recurso a la atención del incidente).

- Tiempo de atención pre hospitalaria. Es el tiempo que transcurre desde que se presenta un incidente en salud hasta el momento en que se finaliza la atención por parte del personal de APH o se realiza el ingreso del paciente a una institución hospitalaria.
- Tiempo de desplazamiento a la escena. Periodo de tiempo limitado entre el despacho del recurso realizado por el CRUE y la llegada a la escena del incidente.
- Tiempo de permanencia en la escena. Espacio de tiempo en el cual el recurso permanece en la escena del incidente.
- Tiempo de desplazamiento a la institución hospitalaria. Tiempo que transcurre entre el momento en que se retira la ambulancia de la escena del incidente y la llegada a la entidad hospitalaria con el paciente.
- Tiempo de permanencia en la institución hospitalaria. Tiempo que transcurre entre la llegada a la institución hospitalaria y el momento en que la ambulancia se reporta disponible para la atención de un nuevo incidente después de haber entregado el paciente en la institución hospitalaria.
- Tiempo de vinculación del recurso a la atención del incidente. Periodo de tiempo en el cual el personal del CRUE establece y despacha el recurso.
- Periodo pre hospitalario. Aquel comprendido entre la ocurrencia de un incidente y el momento de ingreso a una institución hospitalaria.
- Periodo hospitalario. Se inicia con el ingreso a una institución hospitalaria y termina con el egreso de la misma.

- Tiempo total de vinculación al incidente. Comprendido entre la ocurrencia de un incidente y el momento en que la ambulancia se reporta disponible para la atención de un nuevo incidente.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO 1

El Sistema de Emergencias Médicas de la ciudad de Bogotá, D.C. requiere de estudios que permitan contrastar los tiempos de respuesta frente a otros Sistemas de Emergencia del mundo y frente a lo que la evidencia clínica ha demostrado como el tiempo oportuno de atención para las diferentes prioridades de los incidentes en salud que diariamente se generan.

CAPÍTULO 2. PROPÓSITO DEL TRABAJO

Establecer la cantidad, tipología y distribución de las ambulancias que requiere la ciudad de Bogotá en el programa de atención pre hospitalaria de acuerdo con la demanda de este servicio, con lo que se espera contribuir al Plan Decenal de Salud y lograr formalizar las metas de crecimiento de recursos para cada una de las localidades de la ciudad.

Difusión y utilización de los resultados

- Difusión de los resultados y las sugerencias al interior de la Secretaría Distrital de Salud.
- Publicación de artículos en revistas nacionales e internacionales.

2.1. Marco de referencia

2.1.1. Marco teórico

Una vez establecida la meta en relación con los tiempos de respuesta por personal lego y personal capacitado, es necesario contextualizar sobre las diversas formas recientemente utilizadas para lograr el objetivo. Centro de esta estrategia debe considerarse que “el objetivo principal de los servicios es proporcionar la asistencia adecuada a las urgencias médicas, en tanto que el objetivo del sistema es lograr el funcionamiento integrado de los servicios requeridos para asegurar una asistencia integral con calidad aceptable y con sostenibilidad” (Morales, 2001).

Teniendo en cuenta el entorno cambiante y cada vez con mayores exigencias en el que se desenvuelven los sistemas de emergencias médicas, en el que se contempla diversas variables como el acelerado crecimiento de la población, la evolución y disponibilidad de la tecnología, el incremento de la demanda de los servicios médicos que pueden incluso, ser insuficientes cuando esta sobrepasa la oferta, las redes deficientes y los nuevos requisitos normativos establecidos en el sistema de salud; todas estas variables han sido abordadas de diversas maneras y cuyos principales enfoques se presentan en líneas siguientes:

2.1.1.1. Tipos de servicio médico de emergencia.

Se considera que actualmente existente dos tipos de servicios médicos de emergencia de acuerdo al nivel de formación del personal asistencial:

- a. Único nivel: aquel que está constituido por vehículos con el mismo tipo de personal formado en soporte vital básico o soporte vital avanzado de manera excluyente.
- b. Doble nivel: en el cual existen dos tipos de vehículos, en los cuales se transporta por separado el personal capacitado en soporte vital básico y soporte vital avanzado.

Partiendo de lo anterior, Nichol et al. intentó Determinar la efectividad relativa de las diferencias en el intervalo de tiempo de respuesta, la proporción de reanimación cardio-pulmonar realizada por el espectador y el tipo y nivel de los sistemas de Servicios Médicos de Emergencia (EMS, por su sigla en inglés), en la supervivencia después de un paro cardíaco fuera del hospital (Nichol et al., 1996), para lo cual estableció 5 configuraciones de sistemas de Servicios de Emergencias Médicas:

- a. Único nivel con proveedor de soporte vital básico
- b. Único nivel con proveedor de soporte vital básico y desfibrilador
- c. Único nivel con proveedor de soporte vital avanzado
- d. Doble nivel con proveedor de soporte vital básico, seguido de proveedor de soporte vital avanzado
- e. Doble nivel con proveedor de soporte vital básico y desfibrilador, seguido de proveedor de soporte vital avanzado

Del estudio de Nichol et al. (1996), tiene especial relevancia que una disminución en el intervalo de tiempo de respuesta y el uso de un sistema EMS de dos niveles en comparación con uno de un nivel, se asociaron significativamente con un aumento en la supervivencia al alta hospitalaria. ...Este análisis respalda la necesidad de una cadena de supervivencia para mejorar la sobrevivencia después de un paro cardíaco extra hospitalario, según lo avalado por la Asociación Americana del Corazón: acceso temprano, Reanimación Cardiopulmonar temprana por personal lego, desfibrilación temprana y Soporte Vital Avanzado precoz que consiste en intubación y medicación endovenosa. La importancia del intervalo de tiempo de respuesta corresponde en parte al primer enlace de la cadena. La importancia de la provisión de respuesta de dos niveles corresponde a la provisión

de servicios médicos de emergencia integrados para paro cardíaco (es decir, acceso temprano, desfibrilación temprana y Soporte Vital Avanzado precoz). El aumento en Reanimación Cardiopulmonar realizada por personal lego, el segundo enlace, fueron de pequeño beneficio (cambio absoluto en la supervivencia de 0.1% por cada incremento del 5%) en relación con el beneficio de las diferencias en otros componentes del sistema de emergencias médicas. El análisis no tiene poder suficiente para discriminar entre la provisión de acceso temprano y la desfibrilación temprana (Nichol et al., 1996).

El efecto mínimo de la Reanimación Cardiopulmonar de personal lego puede atribuirse a su falta de importancia en relación con otros factores. Alternativamente, puede indicar el rendimiento de la Reanimación Cardiopulmonar de personal lego en ausencia de activación de los servicios del SEM (p. Ej., No seguir las pautas de la Asociación Americana del Corazón para llamar al 911 antes del inicio de la Reanimación Cardiopulmonar). Finalmente, puede reflejar simplemente una falta de potencia, dado el escaso número de estudios relativos al número de variables consideradas. (Nichol et al., 1996)

En síntesis, se coincide con autor al concluir en su artículo que es inevitable requerir recursos adicionales, sin embargo un análisis de costo efectividad realizado en Ontario, Canadá considera que los costos adicionales pueden ser minimizados si se reduce el tiempo de respuesta logrando que acudan equipos de primeros respondientes capacitados (tales como bomberos y policía) con desfibriladores. (Nichol et al., 1996).

Sumando importancia al componente de formación del personal lego, Eisenberg (2017), sugiere capacitar a la población general en resucitación cardiopulmonar con el propósito de reducir el tiempo de inicio de la resucitación, además de formar a los técnicos en emergencias en desfibrilación, para disminuir el tiempo de atención definitiva (Eisenberg, Bergner, & Hallstrom, 1979). Al respecto, la Secretaria Distrital de Salud de Bogotá ha diseñado un curso de primer respondiente en salud con el propósito de facilitar el acceso a los conocimientos básicos de emergencia a la población en general, el cual se desarrolla de forma gratuita y permanente (Secretaría Distrital de Salud, 2017).

De la misma manera, en el año 2009 la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA por su sigla en inglés), publicó el informe “EMS Makes a Difference: Improved Clinical Outcomes and Downstream Healthcare Savings. A Position Statement of the National EMS Advisory Council” (National EMS Advisory Council, 2009), en el cual las conclusiones se orientan principalmente

hacia la necesidad de capacitar a la población sobre los signos de alarma para identificar signos de riesgo de muerte y su notificación prioritaria a la línea de emergencia; lo anterior reduce el tiempo de arribo del primer respondiente en la escena, así mismo mejora la oportunidad de la respuesta del personal entrenado para la atención de la emergencia, posibilita la activación de recursos apropiados, disminuye la necesidad de procedimientos médicos de emergencia y la demanda de admisiones hospitalarias, disminuye la tasa de hospitalización, facilita la adecuada selección del sitio de traslado al priorizar aquellas instituciones con capacidad de respuesta ante las ubicadas con mayor proximidad, disminuye los costos en salud y multiplica la disponibilidad de recursos al elegir la población que por su estado clínico no requiere traslado al no tener posibilidades realistas de supervivencia; por todo lo anterior el National Emergency Medical Services Advisory Council (NEMSAC) da mayor relevancia al papel de los Emergency Medical Services (EMS) en los resultados en salud y las reducciones de los gastos en la atención médica.

2.1.1.2. Posición de vehículos de respuesta

a. Sistema de información geográfica

Por sistema de información geográfica se considera a la integración del conjunto de herramientas tecnológicas, procesos y usuarios con el propósito de generar información geográficamente referenciada, que para el interés de los sistemas de emergencias médicas se orienta a la manera de ubicar las ambulancias en un área determinada.

Partiendo de la base que el tiempo de respuesta determina la calidad de sistema de emergencias médicas, Peleg (2004) intento aplicarlo para la generación de áreas geográficas que garantizará un máximo de 8 minutos de tiempo de respuesta en por lo menos el 90% de las solicitudes. Partió de la base de los registros de llamadas y despacho de ambulancias de dos distritos regionales israelíes diferentes, en los cuales solamente el 34% y el 62% de las llamadas se atendían en 8 minutos. Después de usar el modelo de sistema de información geográfica, logró ubicar las ambulancias y obtener un cumplimiento del tiempo de respuesta en el 94% de los casos, lo cual redundó en mayor supervivencia de la población y rentabilidad del sistema (Peleg & Pliskin, 2004).

No obstante, estas conclusiones están basadas en el modelo del sistema pero no ha sido probada su funcionalidad, por lo que no se descarta inconvenientes operativos y políticos antes de hacer viables su implementación.

Estas argumentaciones son reafirmadas nuevamente por Wei Lam y colaboradores en el año 2014, quienes en su estudio buscaban determinar si una estrategia de análisis de tiempo geoespacial puede reducir los tiempos de respuesta de la ambulancia para paros cardíacos extra hospitalarios en un sistema de servicios médicos de emergencia urbana. Entre los resultados encontrados, se evidencia que el tiempo de respuesta disminuyó significativamente a medida que el número de puestos de bomberos aumentaba, de una mediana mensual de 10.1 minutos al comienzo a 7.1 minutos al final del estudio. De manera similar, la proporción de casos con tiempos de respuesta <8 minutos aumentó de 22.3% a 47.3% y <11 minutos de 57.6% a 77.5% al final del estudio (Wei Lam et al., 2014).

Por otra parte, Patel y colaboradores (2012), plantearon un modelo diferente en donde utilizaron la información existente para crear una matriz actualizada que puede usarse para estimar el tiempo de traslado cuando no hay registros de traslados reales. Sin embargo, los investigadores concluyeron que preferiblemente deben utilizarse registros de traslados reales y que en su ausencia se requiere determinar los supuestos de modelado que reflejen con mayor precisión los protocolos del servicio de emergencias médicas del área de estudio (Patel, Waters, Blanchard, Doig, & Ghali, 2012).

El sistema de información geográfica le permitió a Peters (1999) desarrollar un modelo analítico con el cual evalúa el rendimiento de las respuestas de las ambulancias, facilita la visualización y análisis de las anomalías del tiempo de respuesta y permite El desarrollo de un componente de ubicación probabilística basado en escenarios que también contribuiría al proceso de planificación de respuesta de vehículos de emergencia al determinar la configuración de ubicación de las instalaciones que mejor minimizan el tiempo de respuesta de todo el sistema o llamada / tiempo y optimizan la asignación de recursos a los centros. Este conocimiento permitiría que los planificadores y los responsables de la toma de decisiones en el sistema de emergencias médicas, sepan cómo asignar mejor los recursos, así como la cantidad de ambulancias y conductores de turnos, para minimizar el tiempo de respuesta óptimo. Además, en combinación con la solución del problema de asignación de recursos, la solución óptima de ubicación del centro permitiría evaluar el papel de las ubicaciones actuales del centro en el tiempo de respuesta de la llamada. (Peters & Brent Hall, 1999).

b. Simulación de eventos discretos

Durante la evolución de las estrategias para ubicar de manera adecuada los recursos disponibles, se encontró el planteamiento de Brotcorne et al. (2003), quienes consideran que los primeros modelos eran muy básicos y no tenían en cuenta el hecho de que se pierde cierta cobertura cuando se envía una ambulancia a una llamada. Sin embargo, estos primeros modelos sirvieron como base sólida para el desarrollo de todos los modelos posteriores (Brotcorne, Laporte, & Semet, 2003). En este sentido se comienza a intervenir en función de la relocalización de los vehículos de emergencia médica.

El mismo documento, se considera que los modelos probabilísticos reflejan el hecho que las ambulancias operan como servidores de un sistema de colas y no siempre pueden responder a una llamada (Brotcorne et al., 2003); por esta razón se hace necesario desarrollar estrategias para reubicar de manera constante los vehículos de emergencia en el transcurso del día, y considerar que este modelo puede funcionar siempre y cuando existan heurísticas rápidas y que haya suficiente potencia informática disponible (Brotcorne et al., 2003).

Al profundizar en dicho contexto, se evidencia que Wei Lam et al., Realizaron un estudio para mejorar los tiempos de respuesta de las ambulancias, a partir de desarrollar un modelo de simulación de eventos discretos que se desarrolló con la información de las llamadas a la línea de emergencia en un periodo de 6 meses en Singapur, cuya medida de resultado es la distribución de los tiempos de respuesta y los niveles de utilización de las ambulancias por hora. Con las modificaciones en las políticas de despachos en combinación con la reasignación de las ambulancias, lograron rendimientos en el tiempo de respuesta obteniendo tiempos inferiores a los 8 minutos para el percentil 90; demostrándose así que los tiempos de respuesta mejoran mediante una reasignación más efectiva de las ambulancias y la política de despacho, más importante aún, las mejoras en el tiempo de respuesta se lograron sin una reducción en los niveles de utilización y costos adicionales asociados con la incorporación de ambulancias. Demostramos el uso efectivo de simulación de eventos discretos como una plataforma versátil para modelar las complejidades del sistema dinámico de los sistemas de emergencias médicas nacionales de Singapur para la evaluación de estrategias operativas para mejorar los tiempos de respuesta de las ambulancias. (Wei Lam et al., 2014).

Por lo tanto, se hace necesario recalcar que “los problemas de relocalización dinámica se han estudiado por ejemplo para maximizar el porcentaje de servicios atendidos en un tiempo considerado como un tiempo óptimo, para maximizar el número de personas cubiertas, disminuir el porcentaje de servicios no atendidos,

aumentar el grado de preparación en el área de responsabilidad y disminuir los costos de relocalización. En estos casos los autores realizan consideraciones tales como: la de priorización de los lugares en los que los vehículos deben estacionarse después de finalizar la prestación de un servicio, evitar relocalizar un mismo vehículo de manera sucesiva y evitar largos viajes entre los sitios de ubicación inicial y final” (Rodríguez Q., Osorno O., & Maya D., 2016).

Para finalizar, se podría concluir que “de los trabajos revisados es posible concluir que para los problemas de relocalización no existen soluciones o políticas de relocalización que puedan ser aplicadas a todos los SEM. Existen casos en que una política de relocalización exitosa para un SEM pueda ser perjudicial si se aplica a otro. Esto debido a que las características geográficas, políticas y regulaciones varían dependiendo de la ciudad y de los sistemas de emergencias médicas” (Rodríguez, 2016)

2.1.1.3. Segregación de pacientes

a. Valoración “Rapid Acute Physiology Score”

Dentro de los criterios de racionalidad puede afirmarse que la valoración o evaluación del paciente es de vital importancia en el correcto abordaje del mismo al momento de iniciar su atención, para detectar en el mínimo tiempo posible las situaciones que puedan tener en riesgo su vida; se comprende entonces, como, desde 1986 Kennth J. Rhee et al. (1987), publico la escala rápida de fisiología aguda para determinar la severidad en el transporte de cuidado critico de los pacientes, la cual es una versión abreviada de la evaluación de la salud fisiológica aguda y crónica (APACHE II), para ello se usan parámetros disponibles rutinariamente en el transporte de pacientes (pulso, presión arterial, frecuencia respiratoria y escala de Glasgow), que permiten la comparación del estado fisiológico de los pacientes con el propósito de hacerlos homologables con aquellos que se incluyeron en los estudios (Rhee, Fisher, & Willitis, 1987).

Tiene un poder predictivo significativo para la mortalidad, por lo que su aplicación es útil en complemento con APACHE II y permite segregar los pacientes que por pronóstico no requieren traslado a una institución hospitalaria.

b. Modelo consorcio de directores

En el año 2007 el Consorcio de Directores Médicos del sistema de emergencias médicas de los municipios metropolitanos de Estados Unidos, propuso un modelo para evaluación comparativa del rendimiento clínico, Este documento propone un modelo multifactorial de medición del rendimiento del sistema de emergencias médicas para grandes sistemas de emergencias médicas urbanos y suburbanos, basado en la evidencia científica actualmente disponible. ...se presenta un modelo exagerado basado en evidencia, que incluye documentación sobre la atención para infarto del miocardio con elevación del segmento ST, edema pulmonar, broncoespasmo y pacientes con traumatismos. Este enfoque no solo permite a los líderes locales del sistema de emergencias médicas informar con mayor precisión una imagen más amplia del rendimiento de su sistema en un método que pueda ser entendido por todos los interesados, sino que también puede utilizarse de manera comparativa para que las mejores prácticas en áreas urbanas y suburbanas pueden ser cuantificados y reproducidos por los sistemas de emergencias médicas (Myers et al., 2008).

El modelo citado, también permite, seleccionar los pacientes acorde a la conducta posterior a la atención pre hospitalaria, evitando un aumento injustificado de la demanda en servicios de emergencia y por lo tanto se optimiza la utilización de los recursos.

En 1996 en la ciudad de Nueva York, la Administración Giuliani cambió la responsabilidad de administrar las ambulancias de Servicios Médicos de Emergencia (públicas y privadas), del sistema público de hospitales al departamento de bomberos; con el fin de coordinar mejor las respuestas de las ambulancias y los refuerzos a las emergencias médicas, así como reducir el personal redundante en las agencias. Establecieron como objetivo responder al 90% de las emergencias médicas graves con una ambulancia de soporte vital avanzado provista de paramédicos, en 10 minutos o menos. Durante los años 1999 a 2011 lograron pasar de 64% al 81% en la proporción de emergencias graves atendidas acorde al objetivo. También redujeron las diferencias en los tiempos de respuesta entre los 5 condados haciéndola uniforme, se aumentó en el 33% los incidentes atendidos y lograron disminuir al 20% los casos que eran solamente atendidos por técnicos médicos de emergencia al lograr atenciones más oportunas por personal paramédico precedidas de menores tiempos de respuesta (Independent Budget Office, 2013).

Después de lo anteriormente descrito en el presente marco teórico, es importante mencionar que en el afán por prestar un adecuado servicio ante la emergencia no podemos olvidar que los equipos de emergencia no deben convertirse en víctimas, por lo que la seguridad en los desplazamientos debe ser la prioridad de los sistemas de emergencia médica; lo cual debe responder a la planeación estratégica del sistema y al despliegue que esta amerita.

Por ello, se considera en este punto que ralentizar las respuestas en situaciones menos urgentes por el solo hecho de hacerlo no es de lo que se trata este artículo. Se trata de cumplir con las principales responsabilidades de nuestro sistema servicios de emergencias médicas: proporcionar atención médica de emergencia óptima fuera del hospital; proteger la seguridad de los pacientes, el público y los profesionales de servicios de emergencias médicas; y operando con responsabilidad fiscal y ética incuestionable. ...Al contemplar los estándares del tiempo de respuesta de su sistema de servicios de emergencias médicas, recuerde desafiar las tradiciones y buscar respuestas basadas en datos. Continúe atendiendo a los pacientes sin menospreciar la seguridad física o la salud mental para usted y sus colegas. Se trata de una excelente atención y una excelente seguridad para todos los involucrados (Goodloe, Knoles, McAnallen, Cox, & Howerton, 2017).

2.1.2. Marco normativo

- Resolución 087 de 1997 de la Comisión de Regulación en Telecomunicaciones. Por el cual se regula en forma integral los servicios de Telefonía Pública Básica Conmutada.
- Decreto 053 de febrero del 2002 de la Alcaldía Mayor de Bogotá. Por el cual se crea el Comité para la implementación del Número Único de Emergencias y Seguridad del Distrito Capital.
- Decreto 503 2003 de la Alcaldía Mayor de Bogotá. Por el cual se adopta el Plan Maestro de Equipamientos de Seguridad Ciudadana, Defensa y Justicia para Bogotá D.C.
- Decreto 451 de diciembre del 2005 de la Alcaldía Mayor de Bogotá. Por el cual se implementa el Sistema del Número Único de Seguridad y Emergencias para el Distrito Capital NUSE 123, creado por el capítulo 6 del Decreto 503 de 2003 y se dictan otras disposiciones.
- Artículo 23 del Decreto Distrital 527 de 2014 de la Alcaldía Mayor de Bogotá. El cual modifica por vigencia el decreto 451 del 2005.

- Acuerdo 232 de junio del 2006 del Concejo de Bogotá. Por el cual se establece el Sistema Integrado de Seguridad y Emergencias NUSE 123 del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 4366 de diciembre del 2006. Por el cual se regula la operatividad de los Sistemas Integrados de Emergencias y Seguridad, SIES.
- Acuerdo 375 de junio del 2009 por el Concejo de Bogotá. Por el cual se establecen normas para la difusión y divulgación del Sistema Integral de Seguridad y Emergencias NUSE 123.
- Plan de Emergencias de Bogotá – FOPAE, Resolución 004 de 2009 versión 4.
- Resolución 1220 de abril de 2010 del Ministerio de las Protección social. Por el cual se establece las condiciones y requisitos para la organización operación y funcionamiento de los Centros reguladores de Urgencias, Emergencias y Desastres, CRUE.
- Proyecto de acuerdo 074 el 2011 del Concejo de Bogotá. Por medio del cual se ordena la publicación de los tiempos máximos de atención de las emergencias reportadas en la Línea 123.
- Resolución 5596 del 24 de diciembre del 2015 del Ministerio de Salud y Protección Social. Por la cual se definen los criterios técnicos para el sistema de urgencias “Triage”.

2.1.3. Estado del arte.

¿Cuál es el tiempo de respuesta que podría determinarse como adecuado ante una situación de emergencia médica en el ámbito pre hospitalario? En la búsqueda de esta respuesta se ha encontrado que, en países como Estados Unidos, a pesar que la literatura pre hospitalaria y del trauma ha hecho énfasis en el tiempo de respuesta, la definición empírica de los intervalos de tiempo pre hospitalarios promedio para la atención de pacientes con trauma no se ha realizado, lo que a su vez impide la comparación de los sistemas médicos de emergencia imposibilitando la formulación de políticas públicas para la gestión en la atención de incidentes en salud (Carr, Caplan, Pryor, & Branas, 2006).

Existen escasas formas de medición basadas en la evidencia del desempeño de los servicios médicos de emergencia, debido a que están enfocadas, bien sea, en asociar los intervalos de respuesta con el resultado del paciente o en otras ocasiones orientadas en las tasas de resucitación, lo cual no está plenamente respaldado por la literatura médica en el primer caso y en el segundo por considerarse una muestra no representativa de la población (Myers et al., 2008). Brent Myers y colaboradores (2008) publicaron el modelo definido por el consorcio de directores médicos de Servicios Médicos de Emergencias con el propósito de mejorar el diseño del Sistema de Emergencias Médicas y las estrategias de despliegue, al tiempo que se mejore la evaluación comparativa y la distribución de las mejores prácticas entre los sistemas médicos de emergencia (Myers et al., 2008).

Ahora bien, si es cierto que la literatura está enfocada hacia las entidades clínicas que ponen en mayor riesgo la vida del paciente, en particular el arresto cardíaco, el modelo propuesto por el Consorcio de Directores Médicos de los servicios de emergencia médica abarca otras situaciones clínicas como por ejemplo el infarto del miocardio, el edema pulmonar, el broncoespasmo, el estado epiléptico y el trauma entre otros (Myers et al., 2008).

En el caso de patologías de origen traumático, se identifica el concepto de la “hora de oro u hora dorada” que comprende el intervalo de tiempo desde que tiene lugar un accidente hasta 60 minutos después de su ocurrencia y en los cuales una intervención eficiente y rápida puede suponer la diferencia entre la vida, la muerte o la gravedad de las secuelas que se desprenden del incidente (Alder, 2009); habrá que mencionar además los “10 minutos de platino” que corresponde a los 10 primeros minutos de la hora dorada, en los cuales, el equipo de respuesta de emergencias debe actuar para llevar a cabo los procedimientos e iniciar protocolos pre hospitalarios que generen mayor impacto en el pronóstico de vida y recuperación del paciente, como son asegurar las vías respiratorias y controlar el sangrado del paciente crítico que debe ser transportado desde la escena del trauma. (Beuran M et al., 2012)

De esta manera, en relación con las causas potencialmente letales, los investigadores coinciden en que la mejor forma de medir los tiempos de respuesta es a través de la supervivencia de los pacientes al egresar de las instituciones hospitalarias, en función de esto, se han diseñado algunos estudios en los cuales se realizan intervenciones para limitar los tiempos de respuesta y evaluar su efecto en la supervivencia de los mismos.

Esto nos lleva a decir que la evidencia científica en general ha demostrado que intervenciones en salud con mayor oportunidad son deseables, pues equivalen a un mejor resultado en la salud del paciente, aunque esto no signifique la disminución en la mortalidad para la mayoría de los pacientes adultos, por lo que se requiere realizar estudios que permitan determinar el tipo de pacientes que pueden beneficiarse de la disminución de los tiempos de respuesta en mayor proporción (Blanchard et al., 2012).

Al respecto en la evolución de este concepto conviene evocar a Eisenberg (1979), quien estudió diversos factores relacionadas con el tiempo que afectan la resucitación de un paro cardíaco extra hospitalario, estableció que los intervalos de tiempo cortos desde el colapso hasta el inicio de la resucitación cardiopulmonar (RCP) y la provisión de cuidados definitivos se asociaron significativamente con la supervivencia del paro cardíaco (Eisenberg et al., 1979), adicionalmente, determinó que se lograba una sobrevivencia del 43% de los pacientes si la resucitación cardiopulmonar se iniciaba en los primeros 4 minutos y si se provee atención definitiva antes de completar 8 minutos; exceder estos tiempos generaba la disminución de las posibilidades de supervivencia de forma significativa. Hay que advertir además que estos tiempos están directamente influenciados por las decisiones del servicio médico de emergencias.

En relación con lo anterior, Pell, et al. (2001), encontró que mejorar el tiempo de respuesta de 14 minutos a 8 en el percentil 90, generaba un aumento en la supervivencia entre el 6 al 8% y llevar el tiempo de respuesta a 5 minutos, la aumentaría al 10% o 11%, además que al lograr la reducción de los tiempos de respuesta de la ambulancia a 5 minutos, podría casi duplicar la tasa de supervivencia para los arrestos cardíacos que no fueron presenciados por los equipos de ambulancias (Pell, Sirel, Marsden, Ford, & Cobbe, 2001).

Al profundizar en este contexto, en relación con la búsqueda de métodos para mejorar el rendimiento del sistema, Blackwell (2002) intento determinar el efecto de los tiempos de repuesta sobre la supervivencia de pacientes en un servicio médico de emergencia urbano, en donde se evidencia que las llamadas de emergencia en las que los tiempos de respuesta fueron menos de 5 minutos, se asociaron con una mejoría de la supervivencia cuando se compararon con las llamadas en las que los tiempos de respuesta superaron los 5 minutos, en esos datos no se cuenta con la evidencia suficiente como para indicar que tiempos de respuesta inferiores a los 10:59 minutos para las llamadas de emergencia que amenazan la vida (prioridad I) y 12:59 minutos para las llamadas de emergencia que no amenazan la vida (prioridad II), pero superiores a los 5 minutos, tendría algún efecto beneficioso sobre la supervivencia (Blackwell & Kaufman, 2002).

Hay que advertir también que en el estudio de cohortes retrospectivo de 9.559 pacientes no seleccionados que fueron transportados a una sola institución, realizado por Pons et al., y en el cual se aplicó un modelo de regresión logística multivariable, con el propósito de elevar el efecto del tiempo de respuesta en la supervivencia, se ratificó la mejora en la supervivencia en pacientes que tuvieron intervalos de respuesta inferiores o iguales a 4 minutos y en los cuales se presentó paro cardíaco no traumático; al mismo tiempo que evidenció la ausencia de beneficio en la supervivencia de los pacientes con etiologías diferentes al arresto cardíaco. En el anterior estudio se realizó control de los factores de confusión potencialmente importantes como la severidad de la enfermedad, la edad, el sexo, el tiempo en la escena y el tiempo de transporte. (Pons et al., 2005)

Posterior al estudio observacional realizado por Blackwell en el año 2002, este autor desarrolló un estudio retrospectivo de casos y controles en el cual encontró que los pacientes de prioridad 1 que esperan más de 10:59 minutos podrían experimentar un aumento del 6% en la frecuencia de las intervenciones de procedimientos críticos y una disminución del 4% en la mortalidad, en comparación con los pacientes que esperan 10:59 minutos o menos para obtener manejo con soporte vital avanzado; por ello afirmó que ni la mortalidad ni la frecuencia de las intervenciones de procedimientos críticos varían sustancialmente dependiendo del tiempo de respuesta especificado previamente (10:59 minutos) para acceder al soporte vital avanzado, como si ocurre cuando el tiempo es inferior a 5 minutos. (Blackwell, Kline, Willis, & Hicks, 2009)

Para finalizar, no podemos desconocer la relación existente entre el tiempo de respuesta versus la satisfacción del paciente y, por ende, su familia, en donde la percepción de los usuarios puede llegar a diferir de los tiempos de respuesta de los equipos de emergencia, por ello, es importante tener presente que los pacientes son inexactos en sus estimaciones de tiempo. Los tiempos de respuesta generalmente se sobreestiman, mientras que los tiempos de las escenas y los tiempos hasta la atención definitiva se subestiman. Los tiempos de respuesta reales a menudo cumplen con las expectativas de los pacientes (media de 10,8 min), aunque los pacientes pueden no percibir que sí lo han hecho (Harvey, Gerard, Rice, & Finch, 1999).

CONCLUSIONES DEL CAPITULO 2

El incidente que se ha convertido en referente para la medición de los tiempos de respuesta es la parada cardíaca, pues documentar su resultado es mucho más fácil frente a otras patologías de inicio súbito.

La evidencia científica ha demostrado que se ha aproximado de manera acertada a definir los tiempos óptimos de respuesta para atender el paro cardiorrespiratorio, los cuales se dividen entre los que corresponden a personal lego (4 minutos) y a personal con entrenamiento en salud (8 minutos). Para los demás tipos de incidentes, la literatura ha evidenciado que menores tiempos de respuesta se correlacionan con disminución en las tasas de complicaciones de los pacientes, sin haberse definido aún un punto de corte en el cual los desenlaces no se vean afectados por la variable tiempo de respuesta.

Adicionalmente, los Sistemas de Emergencia Médica de doble nivel han demostrado mayor impacto en el aumento de la sobrevivencia de pacientes después de una parada cardíaca, al disminuir el tiempo para el primer respondiente y posibilitar el inicio de maniobras de reanimación con mayor oportunidad.

Para mejorar la sobrevivencia de los pacientes es necesario capacitar a la población en general acerca de la Cadena de supervivencia y procurar por lograr su correcto funcionamiento, sin embargo, esto no releva a los Centros de despacho de ambulancias de reducir y optimizar los tiempos de respuesta al lugar del incidente, donde una de las estrategias a utilizar es la redistribución de ambulancias.

Durante el proceso de investigación y desde el punto de vista académico, no se evidenció la existencia de publicaciones que describan el comportamiento del Sistema de Atención Pre Hospitalaria ni el proceso de toma de decisiones al interior de la Secretaría Distrital de Salud, en relación al número y ubicación de las ambulancias en el Distrito Capital.

CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo, se pretende caracterizar la población objeto de estudio, dar a conocer la guía de tipificación, los códigos definidos para salud, y, acorde a la casuística de los 4 años previos, establecer los códigos más relevantes que sirvan de base para la caracterización del proceso de simulación descrito en el siguiente capítulo.

3.1. Metodología

La guía de tipificación es el instrumento del sistema integrado de seguridad y emergencias del Distrito Capital a través del cual se articula la agencia de activación, Línea 123 Bogotá, con las agencias de despacho de recursos, como la Dirección de Urgencias y Emergencias en salud - DUES.

En esta guía se han definido 96 códigos para tipificar la totalidad de los incidentes de seguridad y emergencias del distrito capital, dentro de los cuales 43 corresponden a incidentes a los que el DUES despacharía recursos móviles, considerando la prioridad que le ha sido asignada en la guía y que, de acuerdo al caso, puede ser cambiada en el DUES, vea tabla 2.

Tabla 2. Códigos en la guía de tipificación utilizados para los incidentes en salud.

| Código | Nombre | Prioridad | Código | Nombre | Prioridad |
|--------|-------------------------------|-----------|--------|---------------------|-----------|
| 601 | Ataque Cerebro Vascular (ACV) | Alta | 715 | Sismo | Media |
| 602 | Caída de altura | Alta | 716 | Fuga de gas | Alta |
| 603 | Convulsión | Alta | 903 | Rapto secuestro | Alta |
| 604 | Evento respiratorio | Alta | 906 | Violencia sexual | Alta |
| 605 | Dolor torácico | Alta | 910 | Lesiones personales | Alta |
| 606 | Electrocución rescate | Alta | 918 | Intento de suicidio | Alta |

| Código | Nombre | Prioridad | Código | Nombre | Prioridad |
|--------|--------------------------------|-----------|--------|-----------------------------------|-----------------------|
| 607 | Patología ginecobstétrica | Alta | 924 | Enfermo | Media |
| 608 | Heridos accidentales | Media | 928 | Inundación | Media |
| 609 | Amenaza de suicidio | Media | 929 | Explosión | Alta |
| 610 | Intoxicación | Media | 930 | Deslizamientos | Alta |
| 611 | Maltrato | Alta | 931 | Incendios | Alta |
| 613 | Inconsciente paro | Alta | 934 | Riña | Alta |
| 615 | Quemaduras | Media | 938 | Animal peligroso | Media |
| 616 | Sangrado vaginal | Media | 941 | Trastorno mental | Media |
| 617 | Síntomas gastrointestinales | Media | 944 | Manifestación motín | Alta |
| 701 | Abejas | Baja | 961 | Solicitud de apoyo | Alta |
| 703 | Elemento caído | Media | 976 | Extraviados desaparecidos | Baja |
| 705 | Emergencia aérea | Alta | 982 | Aborto | Media |
| 707 | Rescate acuático | Media | 992 | Accidente de aviación | Alta |
| 708 | MatPel - Materiales Peligrosos | Alta | 611M | Maltrato a la mujer | Con el que se combina |
| 709 | Rescate urbano | Media | 942H | Accidente de tránsito con heridos | Alta |
| 713 | Rescate montaña | Media | | | |

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.2**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.4** se presentan las frecuencias absolutas de los incidentes ocurridos en Bogotá para los años 2014 a 2017 en estricto orden de mayor a menor, considerando la prioridad con la que fueron atendidos.

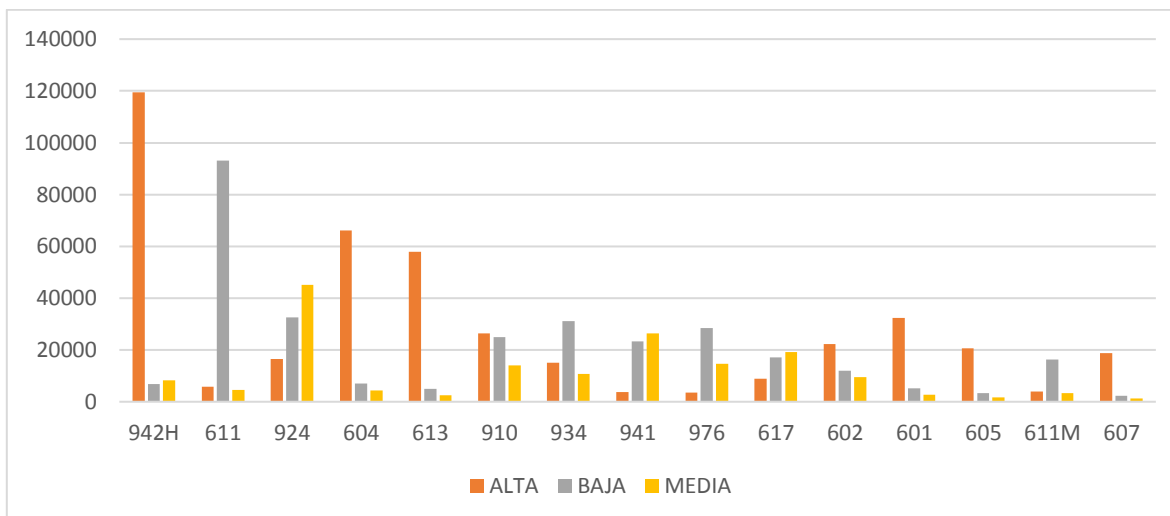


Figura 2. Frecuencia absoluta de los incidentes ocurridos en Bogotá para los años 2014 a 2017, considerando la prioridad con la que fueron atendidos.

Aquí se presentan el top 15 de los códigos relacionados con incidentes de salud. Los demás se han dispuesto en las **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**⁴ para no perder calidad en las imágenes.

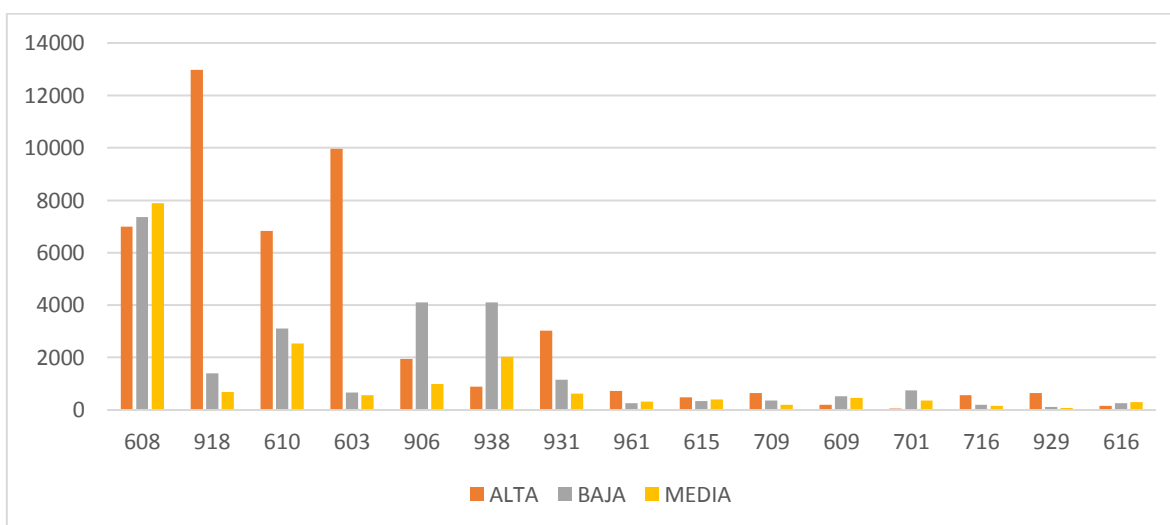


Figura 3. Frecuencia absoluta de los incidentes ocurridos en Bogotá para los años 2014 a 2017, considerando la prioridad con la que fueron atendidos.

Hasta aquí se presentan el top 30 de los códigos relacionados con incidentes de salud. Los demás se han dispuesto en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.4** para no perder calidad en las imágenes.

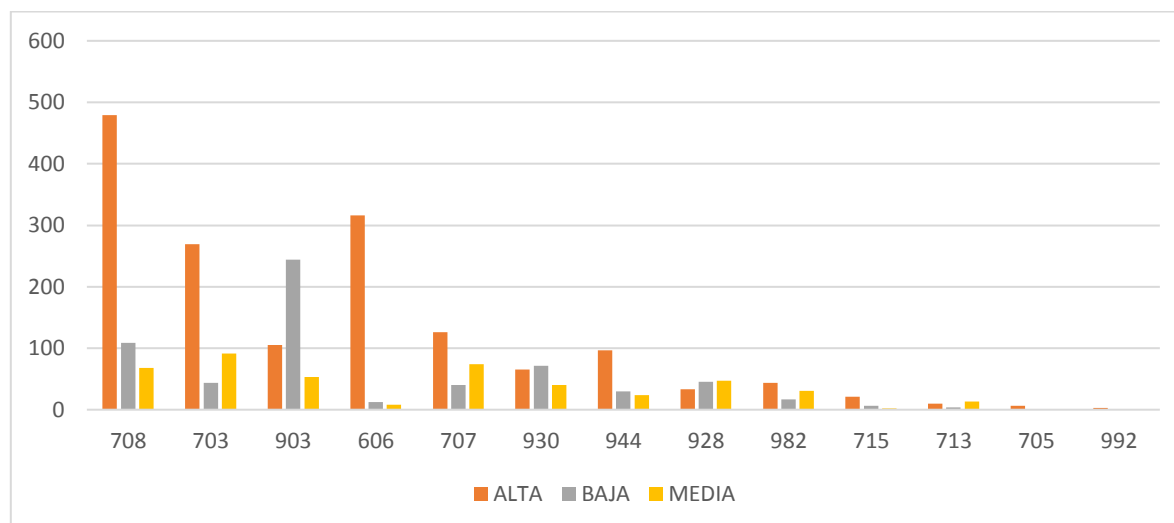


Figura 4. Frecuencia absoluta de los incidentes ocurridos en Bogotá para los años 2014 a 2017, considerando la prioridad con la que fueron atendidos.

Al observar los datos de prioridad de los incidentes que ha sido designada en la guía de tipificación y compararla con los datos de prioridad que se obtienen históricamente con base en los datos atendidos, se encuentra disparidad de las prioridades asignadas en el sistema integrado de seguridad y emergencias en los códigos como se presentan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. 3.**

Tabla 3. Comparación de las prioridades establecidas en la guía de tipificación y las prioridades que han sido asignadas bajo la atención en el periodo 2014 a 2017 y en el año 2017. Se han resaltado en verde aquellas en las que existe disparidad con las prioridades según datos del 2017.

| Código | Nombre | Prioridad establecida en la guía | Prioridad histórica dominante 2014 - 2017 | Prioridad histórica dominante 2017 |
|--------|-----------------|----------------------------------|---|------------------------------------|
| 601 | ACV | Alta | Alta | Alta |
| 602 | Caída de altura | Alta | Alta | Alta |

| Código | Nombre | Prioridad establecida en la guía | Prioridad histórica dominante 2014 - 2017 | Prioridad histórica dominante 2017 |
|--------|-----------------------------|----------------------------------|---|------------------------------------|
| 603 | Convulsión | Alta | Alta | Alta |
| 604 | Evento respiratorio | Alta | Alta | Alta |
| 605 | Dolor torácico | Alta | Alta | Alta |
| 606 | Electrocución rescate | Alta | Alta | Alta |
| 607 | Patología ginecobstétrica | Alta | Alta | Alta |
| 608 | Heridos accidentales | Media | Media | Media |
| 609 | Amenaza de suicidio | Media | Baja | Baja |
| 610 | Intoxicación | Media | Alta | Media |
| 611 | Maltrato | Alta | Baja | Baja |
| 613 | Inconsciente paro | Alta | Alta | Alta |
| 615 | Quemaduras | Media | Alta | Alta |
| 616 | Sangrado vaginal | Media | Media | Media |
| 617 | Síntomas gastrointestinales | Media | Media | Media |
| 701 | Abejas | Baja | Baja | Baja |
| 703 | Elemento caído | Media | Alta | Alta |
| 705 | Emergencia aérea | Alta | Alta | Alta |
| 707 | Rescate acuático | Media | Alta | Alta |
| 708 | MatPel | Alta | Alta | Alta |
| 709 | Rescate urbano | Media | Alta | Alta |
| 713 | Rescate montaña | Media | Media | Media |
| 715 | Sismo | Media | Alta | Alta |
| 716 | Fuga de gas | Alta | Alta | Alta |
| 903 | Rapto secuestro | Alta | Baja | Baja |
| 906 | Violencia sexual | Alta | Baja | Baja |

| Código | Nombre | Prioridad establecida en la guía | Prioridad histórica dominante 2014 - 2017 | Prioridad histórica dominante 2017 |
|--------|-----------------------------------|----------------------------------|---|------------------------------------|
| 910 | Lesiones personales | Alta | Alta | Alta |
| 918 | Intento de suicidio | Alta | Alta | Alta |
| 924 | Enfermo | Media | Media | Media |
| 928 | Inundación | Media | Media | Alta |
| 929 | Explosión | Alta | Alta | Alta |
| 930 | Deslizamientos | Alta | Baja | Alta |
| 931 | Incendios | Alta | Alta | Alta |
| 934 | Riña | Alta | Baja | Alta |
| 938 | Animal peligroso | Media | Baja | Media |
| 941 | Trastorno mental | Media | Media | Media |
| 944 | Manifestación motín | Alta | Alta | Alta |
| 961 | Solicitud de apoyo | Alta | Alta | Alta |
| 976 | Extraviados desaparecidos | Baja | Baja | Baja |
| 982 | Aborto | Media | Alta | Alta |
| 992 | Accidente de aviación | Alta | Alta | Alta |
| 611M | Maltrato a la mujer | Con el que se combina | Baja | Baja |
| 942H | Accidente de tránsito con heridos | Alta | Alta | Alta |

En la tabla 3, resaltado en verde se encuentran los incidentes que tienen prioridad establecida en la actual guía, diferente a la prioridad histórica dominante 2017; y resaltado en azul se encuentran los incidentes que tienen prioridad establecida en la actual guía, diferente a la prioridad histórica dominante 2014 – 2016.

Al revisar el peso porcentual de los códigos con prioridad dominante diferente a la establecida en la guía de tipificación, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**⁴, se encuentra que en los códigos 611, 703,

707, 709, 906 y 982, la prioridad en la guía de tipificación para la DUES debería cambiarse a la prioridad dominante². Este cambio importa porque la prioridad de la guía establece el orden de despacho de los recursos.

Tabla 4. Códigos en los que las prioridades establecidas en la guía difieren de las prioridades dominantes que se obtienen al revisar la base de datos histórica. Se sugiere el cambio en aquellos que difieren y se encuentran por encima del 50%.

| Código | Nombre | Prioridad establecida en la guía | Prioridad dominante 2017 | Peso porcentual ALTA | Peso porcentual BAJA | Peso porcentual MEDIA |
|--------|---------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 609 | Amenaza de suicidio | Media | Baja | 16.38% | 45.25% | 38.37% |
| 611 | Maltrato | Alta | Baja | 7.50% | 85.72% | 6.78% |
| 615 | Quemaduras | Media | Alta | 43.60% | 21.20% | 35.20% |
| 703 | Elemento caído | Media | Alta | 58.14% | 13.95% | 27.91% |
| 707 | Rescate acuático | Media | Alta | 64.29% | 11.43% | 24.29% |
| 709 | Rescate urbano | Media | Alta | 53.54% | 18.69% | 27.78% |
| 715 | Sismo | Media | Alta | 42.86% | 28.57% | 28.57% |
| 903 | Rapto secuestro | Alta | Baja | 36.47% | 45.88% | 17.65% |
| 906 | Violencia sexual | Alta | Baja | 16.69% | 66.09% | 17.22% |
| 928 | Inundación | Media | Alta | 42.42% | 15.15% | 42.42% |
| 982 | Aborto | Media | Alta | 80.00% | 0.00% | 20.00% |
| 611M | Maltrato a la mujer | Con el que se combina | Baja | 29.86% | 39.27% | 30.87% |

² Téngase en cuenta que la prioridad establecida en la guía de tipificación es para todas las agencias del sistema de seguridad y emergencias de Bogotá, lo que conduce a error en la priorización para el despacho desde las agencias, porque la prioridad de una agencia no se corresponde con la de otra. Por esta razón se sugiere el cambio de prioridad para la DUES y no para las demás agencias.

Para el análisis se tendrá en consideración solamente los códigos de incidentes atendidos en salud por el DUES que en 2017 fueron el top 15 de atención, es decir, los códigos que aparecen en la figura 5. Las razones son las siguientes:

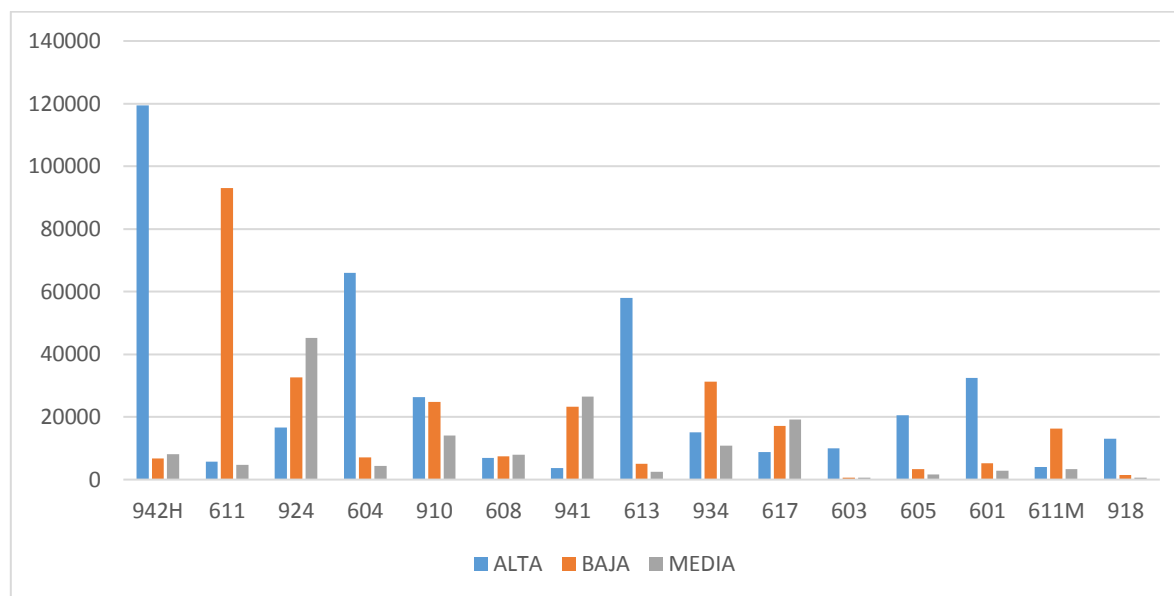


Figura 5. Top 15 de incidentes en salud atendidos en Bogotá D.C. durante 2017 por la DUES.

1. Se buscó encontrar el menor número de códigos de incidentes con los cuales se lograra agrupar el mayor número de incidentes despachados, con el propósito de reproducir adecuadamente los incidentes en salud y que ayudaran a representar en el modelo de simulación la mayoría de eventos. En consecuencia, se consideraron éstos 15 códigos con el cual se cubre el 91,29% de los eventos. vea **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.6.**

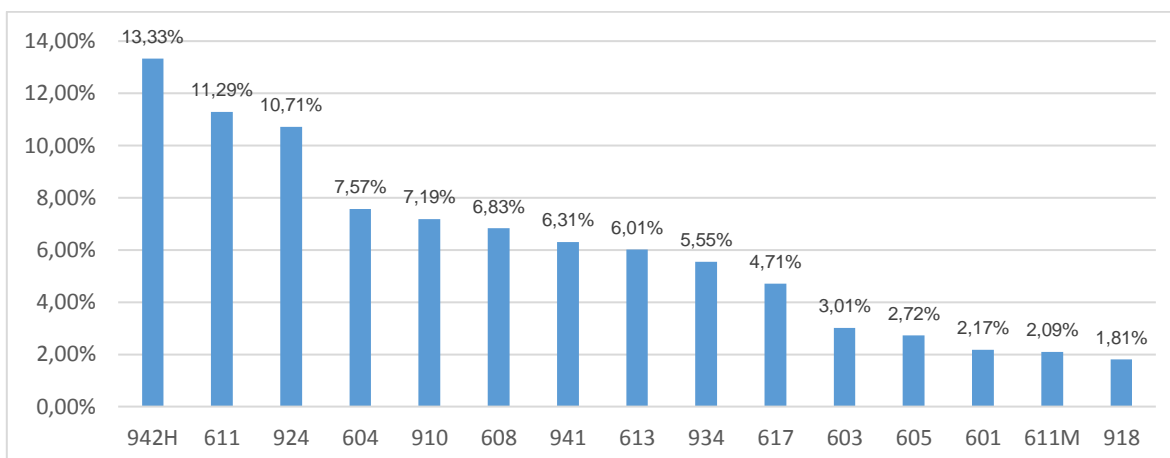


Figura 6. Frecuencia relativa del top 15 de incidentes en salud para el año 2017.

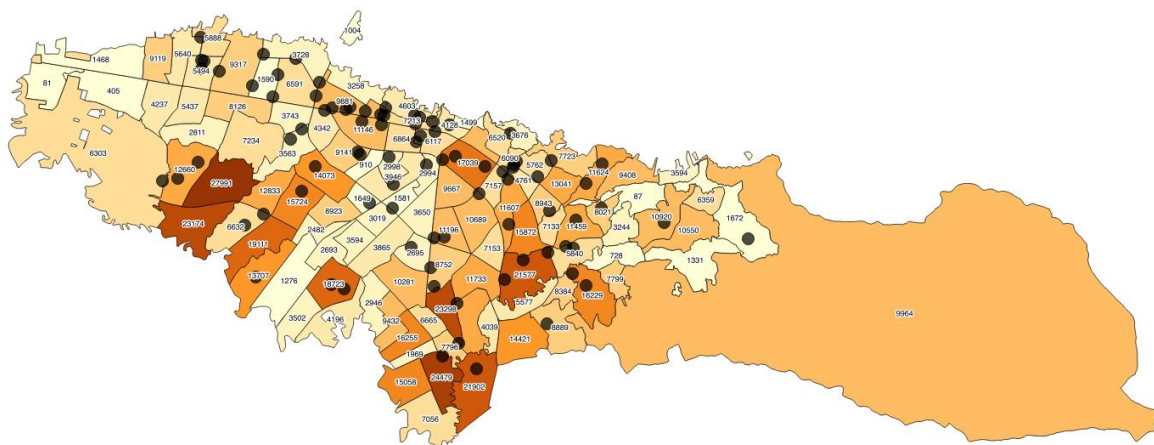
2. El año 2016 correspondió con el cambio de administración distrital que trajo consigo un importante número de transformaciones durante ese periodo, en la gestión que se vieron materializadas en 2017. Estas transformaciones incluyen cambio de director del DUES que implicó la actualización de las prioridades en la guía de tipificación y creación del Centro de Comando, Control, Comunicaciones y Cómputo – C4, que significó la actualización de la guía de tipificación para la inclusión del nuevo código de policía, reentrenamiento del personal de la Línea 123 Bogotá y ejercicios de articulación interagencial para mejorar los tiempos de respuesta.

3. Para cada uno de los años se realizó el conteo de incidentes por UPZ de Bogotá para generar mapas en los que se clasificó por colores la cantidad de incidentes en salud que fueron atendidos y un diagrama de caja y bigotes de los tiempos de respuesta de cada uno de los códigos. Al calcular el número de mapas y diagramas de caja y bigotes de cada año (4 años) para cada código de incidentes en salud (43 códigos) se obtiene un total de 172 mapas y 172 diagramas de caja y bigotes que hacen inoperante el análisis que se persigue en este documento, porque al cubrir los primeros 15 códigos, como ya se mencionó, se cubre el 91,29% de los incidentes atendidos y se reduce a casi la tercera parte el número de códigos y, por lo tanto, de mapas y diagramas de caja y bigotes.

3.2. Mapas de comportamiento de incidentes por localidad.

La figura 7 muestra el mapa de Bogotá dividido por UPZ, donde las más oscuras muestran un mayor número de incidentes acumulados en los últimos 4 años.

Figura 7. Incidentes por UPZ acumulados 2014 a 2017.



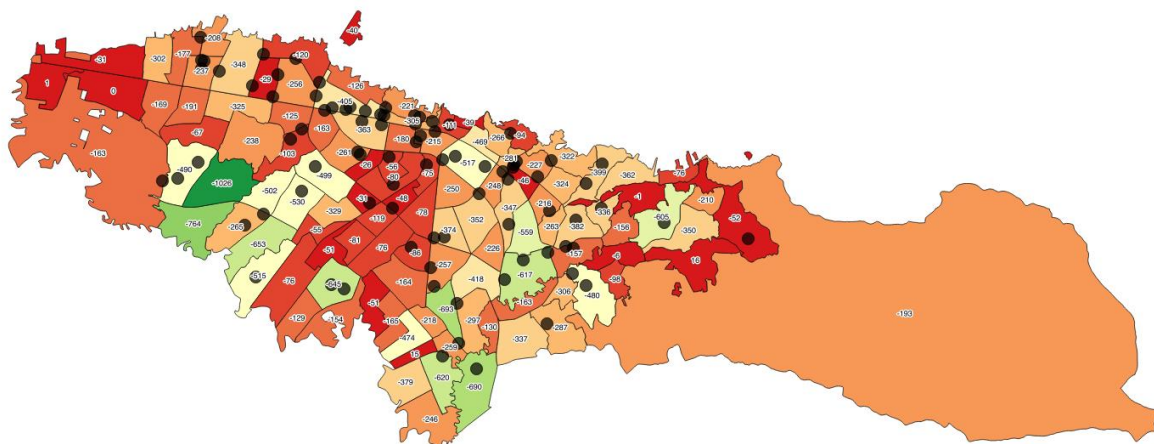
Se realizó el consolidado de los años 2014 al 2017 en ésta gráfica, dado que al representar cada año por separado, se evidencia concordancia con el gráfico consolidado del periodo evaluado que se encuentra en la figura 7, mostrando tendencia persistente en la mayoría de códigos.

Los puntos señalados en el mapa, corresponden a la ubicación de las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud públicas y privadas que están habilitadas en el Distrito Capital (Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital, 2017).

La figura 8 corresponde al mapa de Bogotá dividido por UPZ, los colores señalan la pendiente de la línea de tendencia de acuerdo a la cantidad de incidentes que se han presentado año a año durante el periodo de estudio.

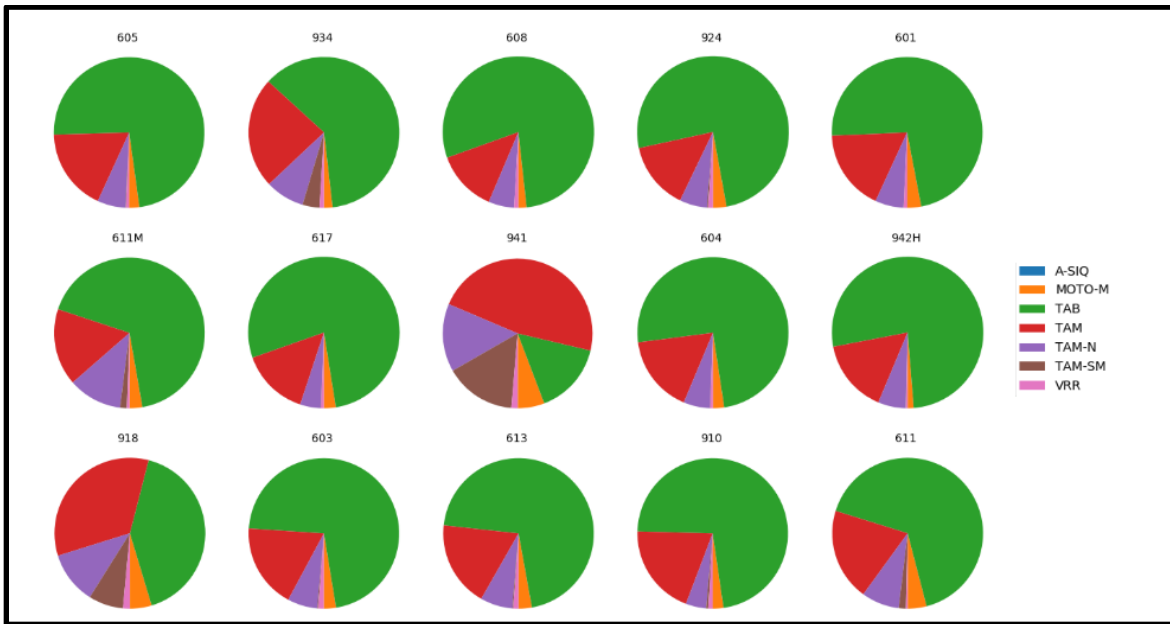
Entre más intenso sea el color verde que rellena la UPZ, hace referencia a una pendiente positiva, es decir, que ha presentado aumento de incidentes a lo largo de los últimos 4 años; las UPZ con colores en la gama de rojos indican que la línea de tendencia es negativa, es decir, ha decrecido el número de incidentes a lo largo del periodo evaluado.

Figura 8. Incidentes por UPZ, promedio de pendientes 2014 a 2017.



3.3. Tortas

Figura 9. Asignación de tipo de ambulancias por incidente 2014 a 2017.



- | | |
|---|--|
| 1. <i>Incidente 601 - ACV.</i> | 9. <i>Incidente 617 – Síntomas gastrointestinales.</i> |
| 2. <i>Incidente 603 - Convulsión.</i> | 10. <i>Incidente 910 – Lesiones personales.</i> |
| 3. <i>Incidente 604 – Evento respiratorio.</i> | 11. <i>Incidente 918 – Intento de suicidio.</i> |
| 4. <i>Incidente 605 – Dolor torácico.</i> | 12. <i>Incidente 924 – Enfermo.</i> |
| 5. <i>Incidente 608 – Heridos accidentales.</i> | 13. <i>Incidente 934 - Riña.</i> |
| 6. <i>Incidente 611 - Maltrato.</i> | 14. <i>Incidente 941 – Trastorno mental.</i> |
| 7. <i>Incidente 611M – Maltrato a la mujer.</i> | 15. <i>Incidente 942H – Accidente de tránsito con heridos.</i> |
| 8. <i>Incidente 613 – Inconsciente paro.</i> | |

Prioridad alta.

Para los incidentes en salud con prioridad alta, de acuerdo con la guía de tipificación, es decir, los códigos 601, 603, 604, 605, 611, 613, 910, 918, 934 y 942H, se realizó la atención utilizando los recursos móviles disponibles en el momento en el que ocurrió el incidente. En las gráficas tipo torta que se presentan en la figura 9 se destaca que el recurso mayormente despachado para los incidentes de prioridad alta es TAB seguido por TAM, TAM-N y MOTO-M.

La mayoría de los incidentes atendidos muestran que las tres cuartas partes tienen asignados recursos básicos, sin embargo en los incidentes 918 (Intento de suicidio) y 934 (Riña) se evidencia que esa proporción disminuye a expensas de un aumento de las atenciones por ambulancia medicalizada.

Al verificar con detenimiento, se evidencia que el incidente 918 (Intento de suicidio) es atendido en cerca del 60% de los casos por recursos medicalizados en cualquiera de sus formas disponibles (Vehículos de respuesta rápida (Motos), Ambulancias neonatales, ambulancias medicalizadas, ambulancias psiquiátricas), constituyéndose como el incidente de alta que ha sido atendido por la mayor proporción de recursos medicalizados.

Prioridad media.

Dentro del Pareto de incidentes seleccionados, 3 de los 4 tipos de incidente de prioridad media han sido atendidos por ambulancias básicas en alrededor del 80% de los casos, con excepción del incidente 941 (Trastorno mental) donde la participación de la ambulancia básica se reduce al 20% de los casos.

El incidente 611M (Maltrato a la mujer) que no corresponde a un incidente catalogado con una prioridad establecida previamente, sino que es una marca derivada del incidente 611

(Maltrato) mantiene la proporción de casos atendidos por ambulancias básicas que presentaron los incidentes de prioridad alta y media.

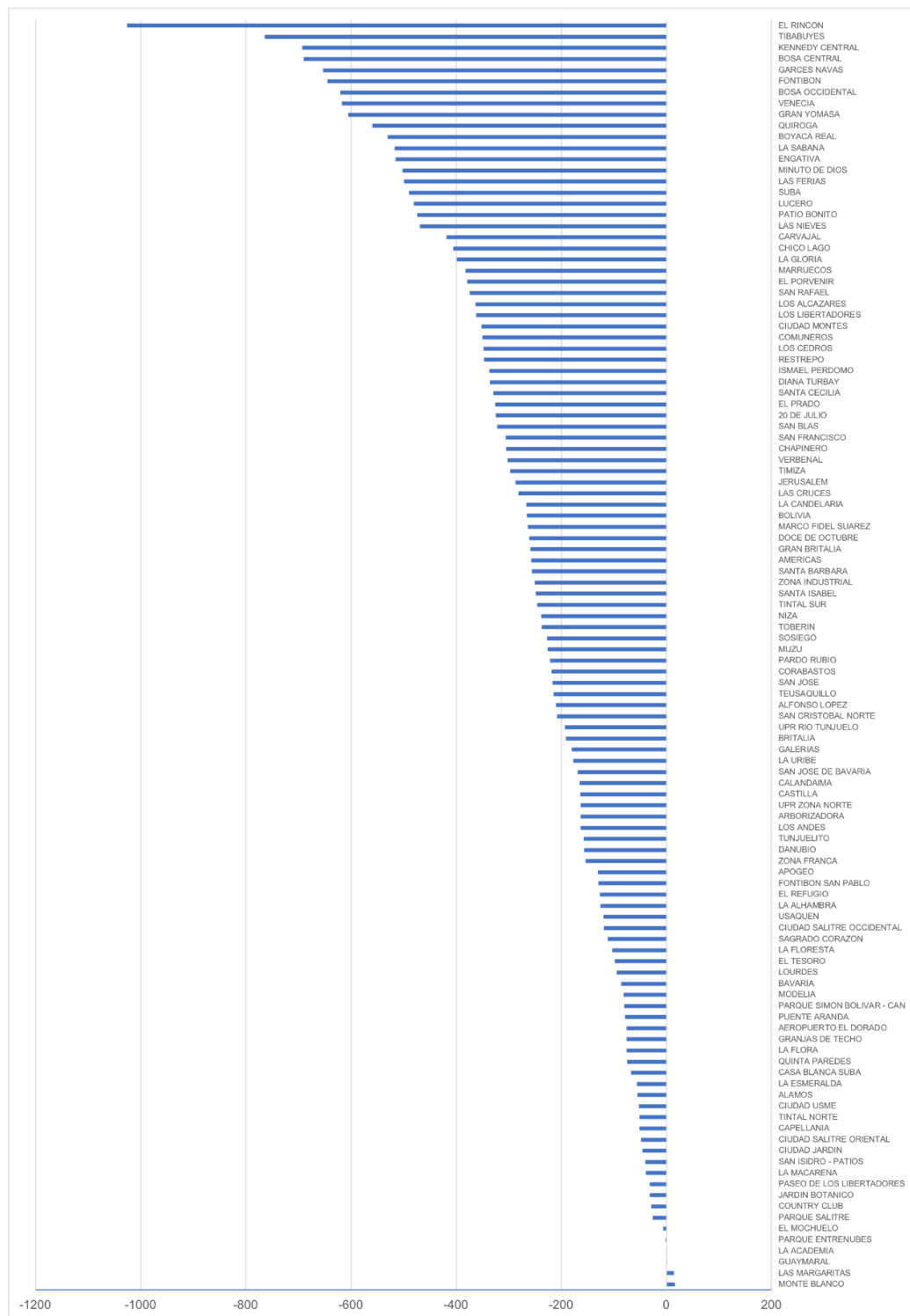
Los incidentes de salud mental 918 (Intento de suicidio) y 941 (Trastorno mental), alejándose de lo esperado frente a la relación entre el tipo de incidente y la ambulancia que debería atenderlo, muestran una clara tendencia a ser atendidos por recursos medicalizados, lo cual tiene sentido si se tiene presente que éste tipo de incidentes pueden requerir con cierta frecuencia, la utilización de medicamentos que no pueden ser administrados por personal de recursos básicos, según lo establece la normatividad de habilitación vigente.

3.4. Gráfica de promedio de pendientes de cada UPZ.

La gráfica de la figura 10 busca representar los valores de las tendencias acumuladas en los 4 años del estudio de las 114 UPZ, donde cada valor corresponde al promedio de la variación, en números absolutos, de la cantidad de incidentes atendidos entre 2014 y 2017. Algunas son positivas, es decir, la tendencia acumulada mostró un aumento de los casos, pero la mayoría son negativas, es decir que el número de incidentes atendidos disminuyeron en este periodo de tiempo para cada UPZ.

Las UPZ Monte Blanco, Las Margaritas y Guaymaral tienen pendiente de promedio positiva, lo cual indica un aumento real en el número de incidentes presentados entre 2014 y 2017, la UPZ La Academia tiene pendiente de promedio 0, mientras que las 110 UPZ restantes tienen pendiente de promedio negativo.

Figura 10. Promedio pendiente resultante por UPZ 2014 a 2017.



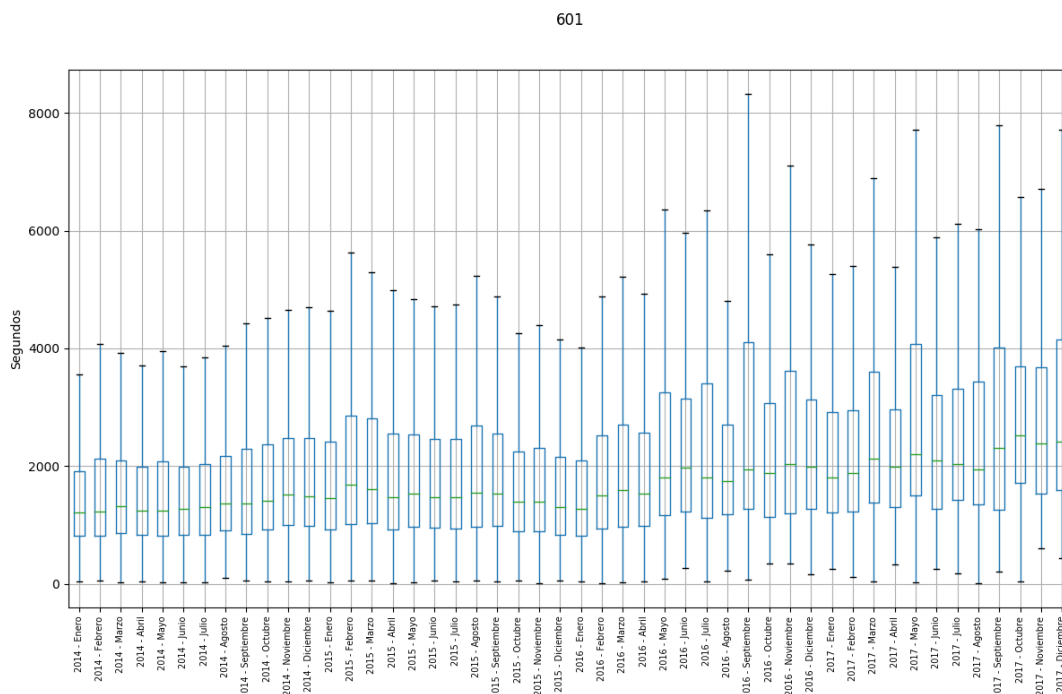
3.5. Diagrama de caja y bigotes por tipo de incidente evaluado.

Acorde al “*Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Career Fire Departments*” número 1710 de la National Fire Protection Association, en sus procesos de evaluación, se espera que el 90% de incidentes atendidos que requieran un despacho del Servicio Médico de Emergencias, debe incluir la llegada de un Desfibrilador Externo Automático en los primeros 240 segundos, y el arribo del equipo de reanimación avanzada por debajo de 480 segundos. Situación que en este trabajo debería aplicar para los incidentes de prioridad alta (National Fire Protection Association, 2018).

A continuación se analizarán los diferentes tiempos de respuesta para cada tipo de incidente priorizado.

1. Incidente 601 – Accidente Cerebro Vascular (ACV).

Figura 11. Diagrama de caja y bigotes del incidente 601 (ACV) 2014 a 2017.



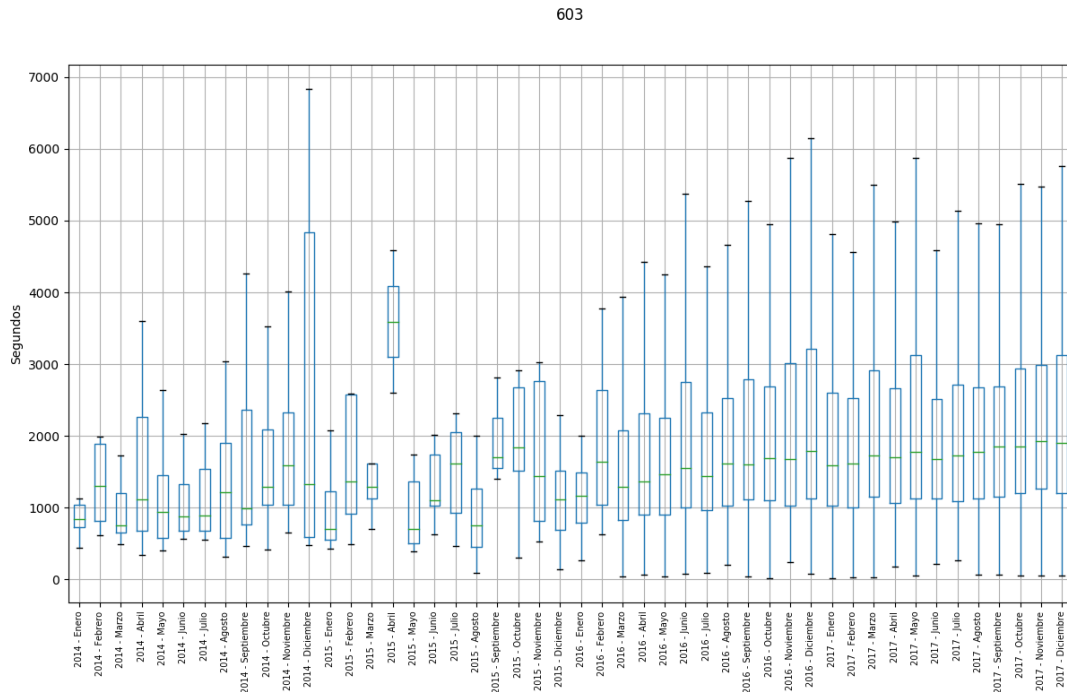
Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 601 son asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 601 tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 601 tardan más en ser atendidos.

En el periodo de estudio (2014 - 2017), la curtosis ha venido haciéndose cada vez menor, lo cual muestra que el sistema cada vez es más que irregular en los tiempos

para recibir el recurso. Por su parte, la mediana ha venido incrementándose gradualmente durante el periodo de estudio.

2. Incidente 603 - Convulsión.

Figura 12. Diagrama de caja y bigotes del incidente 603 (Convulsión) 2014 a 2017.



Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 603 son asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 603 tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 603 tardan más en ser atendidos.

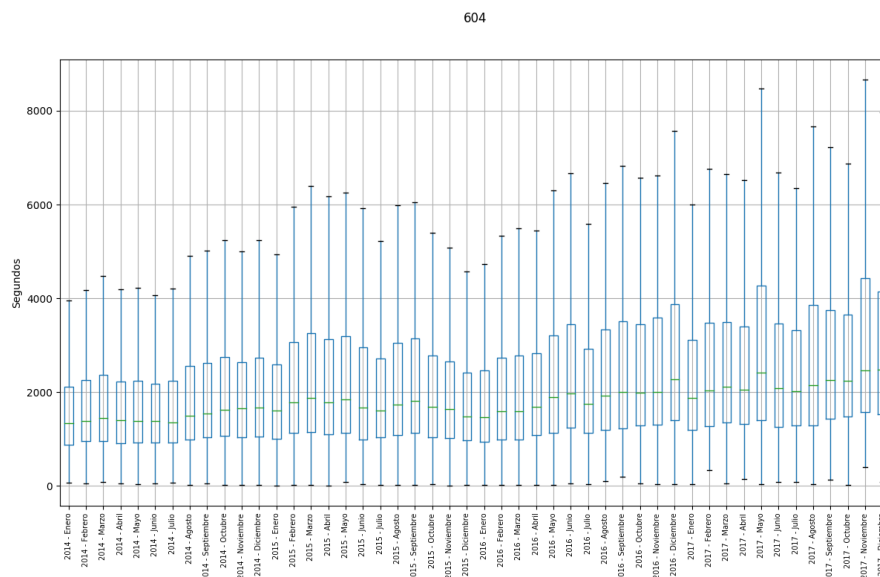
El año 2015 se comporta atípicamente y la manera como aparecen los tiempos es muy irregular, teniendo meses de tiempos mejores seguidos por meses muy malos, y viceversa para el servicio en el sistema. Sobre la curtosis también se aprecia variaciones irregulares en los tiempos de atención. A pesar de esto, se nota un aumento gradual de la mediana para el periodo estudiado.

De nuevo, se espera que el percentil 75 se encuentre por debajo del tiempo máximo para recibir el recurso, de acuerdo con los tiempos que han sido asignados para la prioridad alta.

El diagrama correspondiente a diciembre de 2014 y abril de 2015 evidencia un comportamiento por fuera del contexto habitual de la respuesta de emergencias, por lo que fue analizado por separado, encontrándose que corresponde a un bajo número de incidentes donde alguno de ellos tuvo un mayor tiempo de respuesta, generando el desplazamiento hacia la izquierda que se muestra en el diagrama.

3. Incidente 604 – Evento respiratorio.

Figura 13. Diagrama de caja y bigotes del incidente 604 (Evento respiratorio) 2014 a 2017.



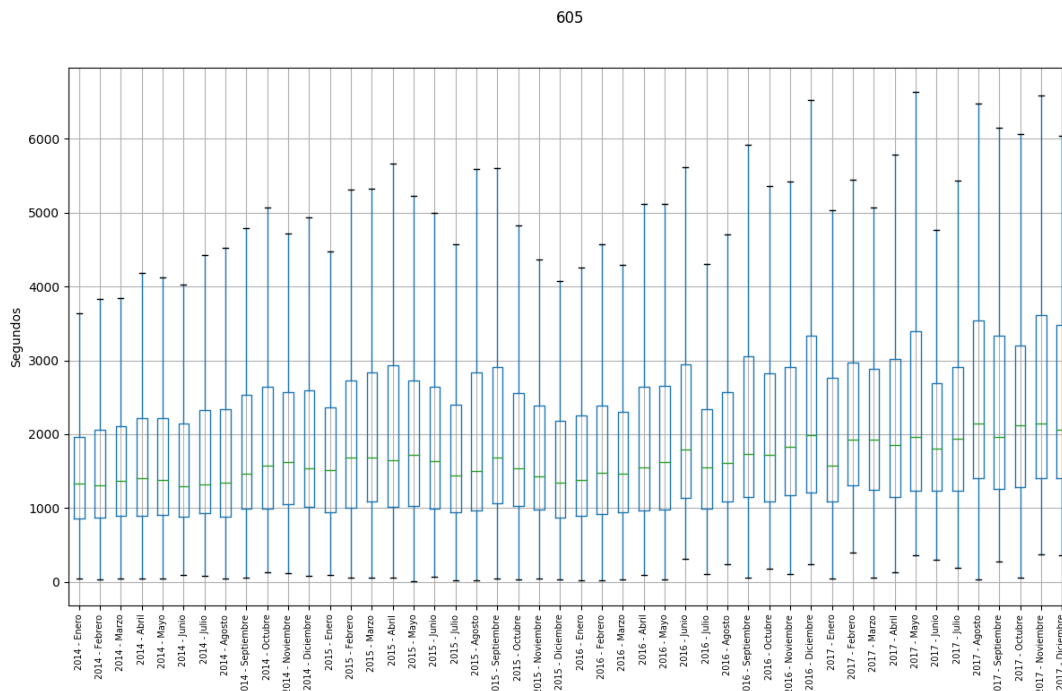
Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 604 son asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 604 tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 604 tardan más en ser atendidos.

En el periodo de estudio (2014 - 2017), la curtosis ha venido haciéndose cada vez menor, lo cual muestra que el sistema cada vez es más que irregular en los tiempos para recibir el recurso. Por otro lado, se evidencia un aumento en la mediana de tiempo de respuesta.

Se espera que el percentil 75 se encuentra por debajo del tiempo máximo para recibir el recurso, de acuerdo con los tiempos que han sido asignados para cada una de las prioridades definidas.

4. Incidente 605 – Dolor torácico.

Figura 14. Diagrama de caja y bigotes del incidente 605 (Dolor torácico) 2014 a 2017.



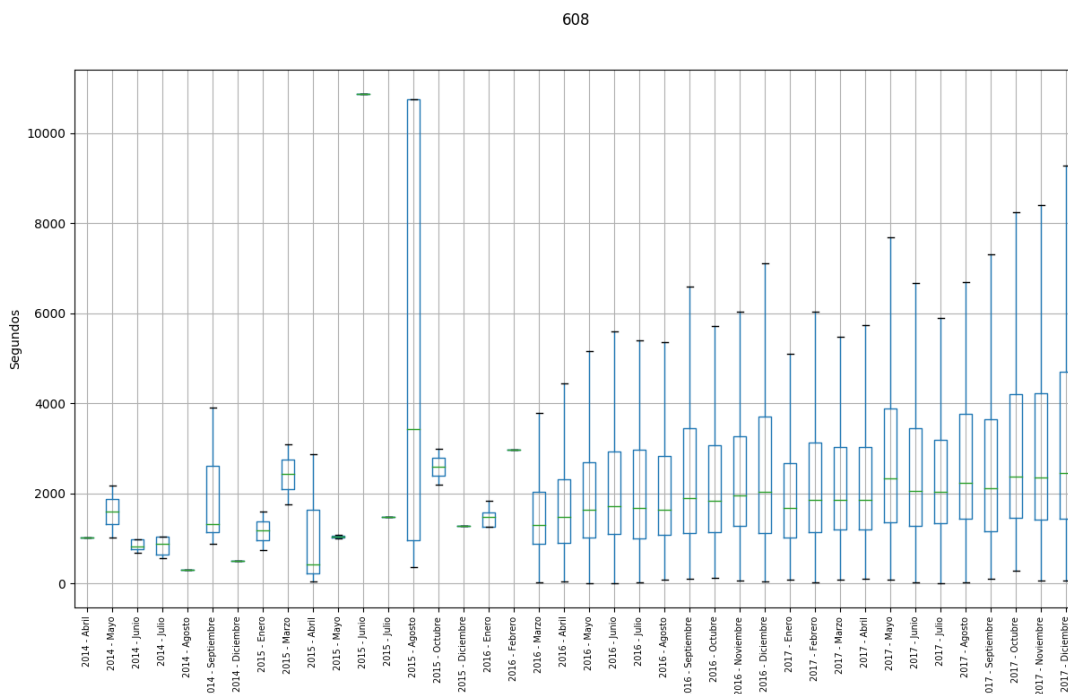
Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 605 son asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 605 tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 605 tardan más en ser atendidos.

En el periodo de estudio (2014 - 2017), la curtosis ha venido haciéndose cada vez menor, lo cual muestra que el sistema cada vez es más que irregular en los tiempos para recibir el recurso. Por otro lado, se evidencia un aumento en la mediana de tiempo de respuesta.

Se espera que el percentil 75 se encuentra por debajo del tiempo máximo para recibir el recurso, de acuerdo con los tiempos que han sido asignados para cada una de las prioridades definidas.

5. Incidente 608 – Heridos accidentales.

Figura 15. Diagrama de caja y bigotes del incidente 608 (Heridos accidentales) 2014 a 2017.



Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 608 tienen una dinámica de registro distinta desde marzo de 2016, razón por la cual se aprecia una irregularidad tan alta para antes de esta fecha. De hecho, hasta la mencionada fecha no se cuenta con más de 12 incidentes por mes. Por esta razón, la descripción que se realiza a continuación corresponde a la data de tiempos desde marzo de 2016 hasta diciembre de 2017.

Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 608 desde marzo de 2016 son asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 608 tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 608 tardan más en ser atendidos.

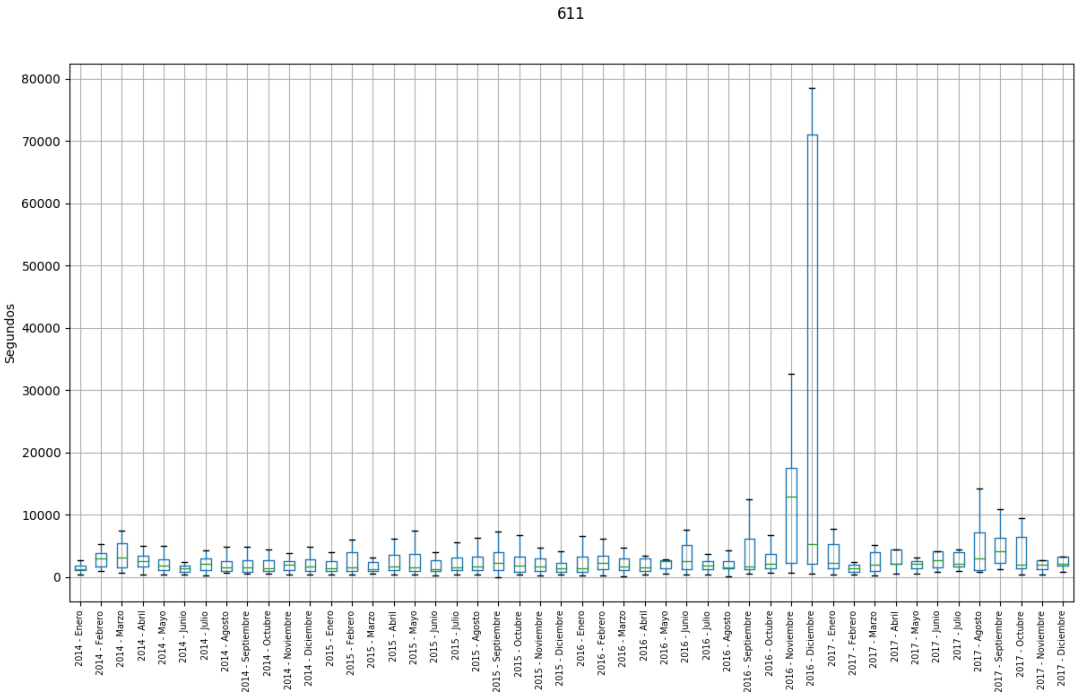
En el periodo de estudio (2014 - 2017), la curtosis ha venido haciéndose cada vez menor, lo cual muestra que el sistema cada vez es más que irregular en los tiempos para recibir el recurso. Por otro lado, se evidencia un aumento en la mediana de tiempo de respuesta.

Se espera que el percentil 75 se encuentra por debajo del tiempo máximo para recibir el recurso, de acuerdo con los tiempos que han sido asignados para cada una de las prioridades definidas.

El diagrama correspondiente a agosto de 2015 evidencia un comportamiento por fuera del contexto habitual de la respuesta de emergencias, por lo que fue analizado por separado, encontrándose que corresponde a un bajo número de incidentes donde uno de ellos tuvo un mayor tiempo de respuesta, generando el desplazamiento hacia la izquierda que se muestra en el diagrama.

6. Incidente 611 - Maltrato.

Figura 16. Diagrama de caja y bigotes del incidente 611 (Maltrato) 2014 a 2017.



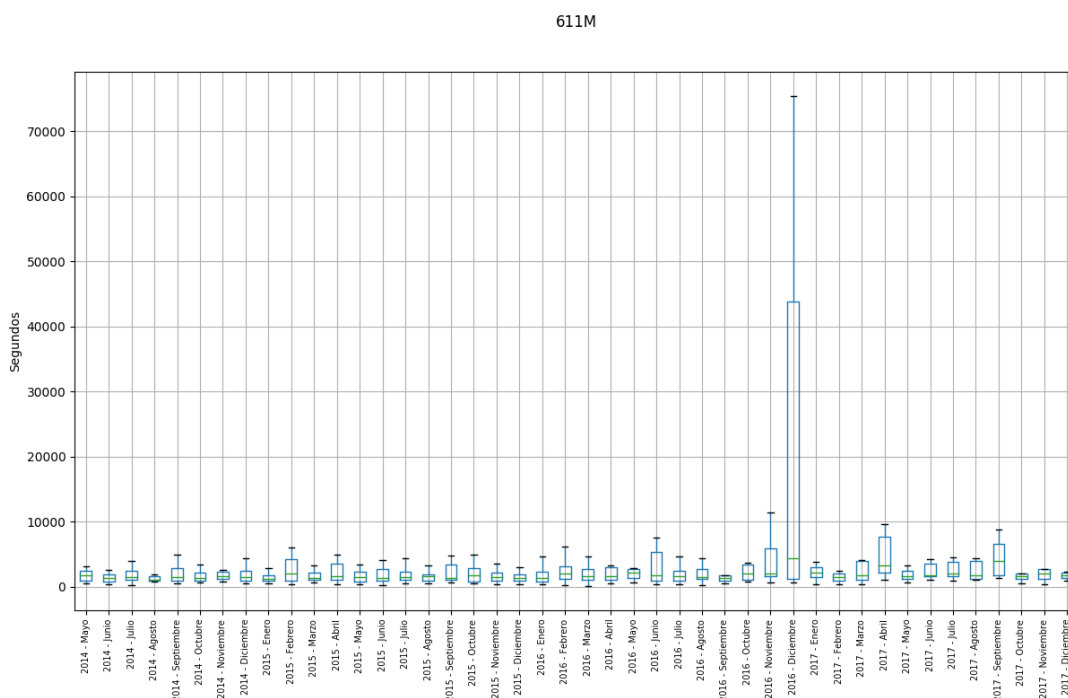
Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 611 son, en general, muy simétricos, en comparación con los otros códigos. Nótese también que la curtosis es muy alta y el tiempo de respuesta se encuentra alrededor de los tres minutos.

Los valores de noviembre y diciembre de 2016 se corresponden con fallas en la plataforma de trámite de incidentes por actualizaciones que se realizaron del sistema ProCAD por lo que se consideran como desviaciones del sistema que no se tendrán en consideración para este ejercicio.

El diagrama correspondiente a noviembre y diciembre de 2016 evidencia un comportamiento por fuera del contexto habitual de la respuesta de emergencias, por lo que fue analizado por separado, encontrándose que corresponde a un bajo número de incidentes donde uno de ellos tuvo un mayor tiempo de respuesta, generando el desplazamiento hacia la izquierda que se muestra en el diagrama.

7. Incidente 611M – Maltrato a la mujer.

Figura 17. Diagrama de caja y bigotes del incidente 611M (Maltrato a la mujer) 2014 a 2017.



Al igual que en el código 611, los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con marca 611M son, en general, muy simétricos, en comparación con los otros códigos. Se aprecia también que la curtosis es muy alta y el tiempo de respuesta se encuentra alrededor de los tres minutos.

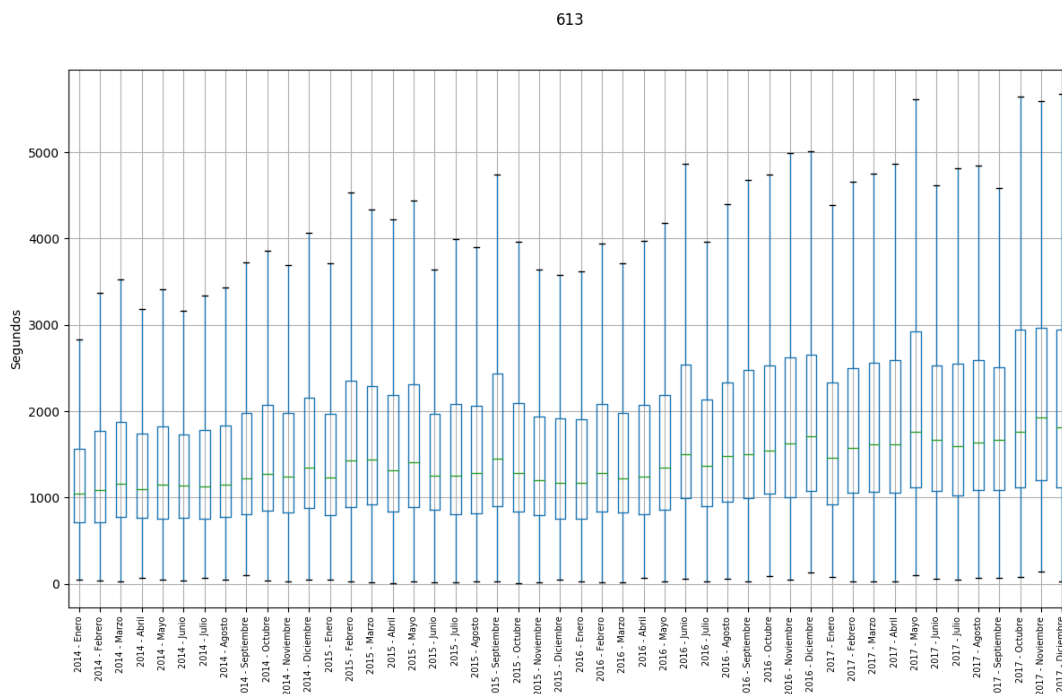
Como se mencionó, los valores de noviembre y diciembre de 2016 se corresponden con fallas en la plataforma de trámite de incidentes por actualizaciones que se realizaron del sistema ProCAD por lo que se consideran como desviaciones del sistema que no se tendrán en consideración para este ejercicio.

El diagrama correspondiente a diciembre de 2016 evidencia un comportamiento por fuera del contexto habitual de la respuesta de emergencias, por lo que fue analizado por

separado, encontrándose que corresponde a un bajo número de incidentes donde alguno de ellos tuvo un mayor tiempo de respuesta, generando el desplazamiento hacia la izquierda que se muestra en el diagrama.

8. Incidente 613 – Inconsciente paro.

Figura 18. Diagrama de caja y bigotes del incidente 613 (Inconsciente paro) 2014 a 2017.



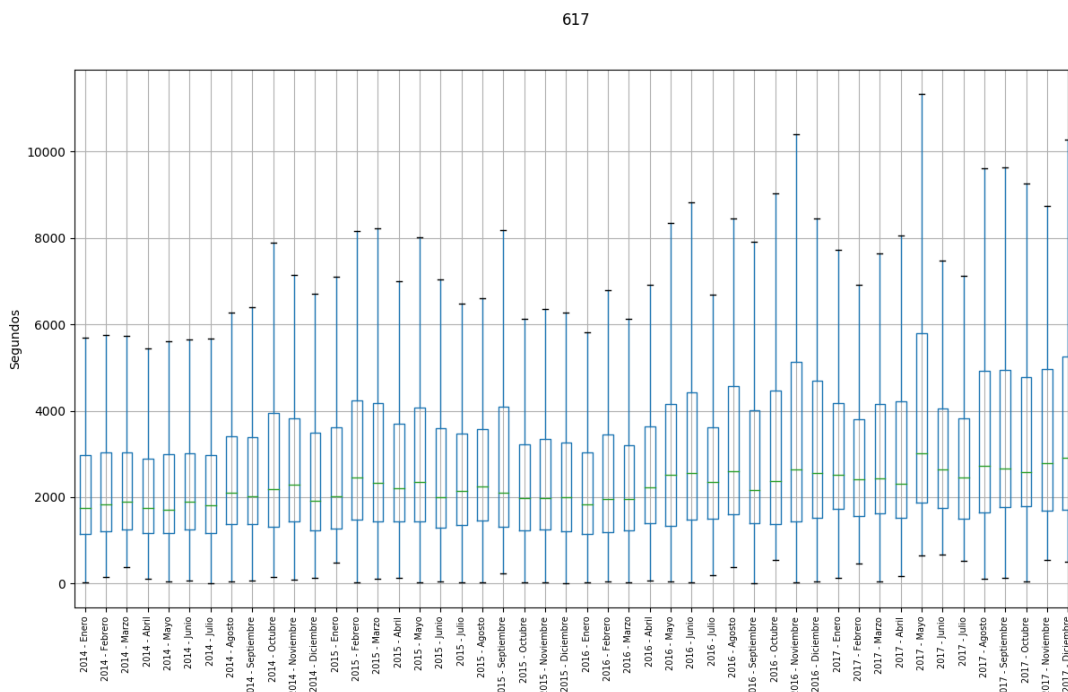
Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 613 son asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 613 tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 613 tardan más en ser atendidos.

En el periodo de estudio (2014 - 2017), la curtosis ha venido haciéndose cada vez menor, lo cual muestra que el sistema cada vez es más irregular en los tiempos para recibir el recurso. Por otro lado, se evidencia un aumento en la mediana de tiempo de respuesta.

Se espera que el percentil 75 se encuentre por debajo del tiempo máximo para recibir el recurso, de acuerdo con los tiempos que han sido asignados para cada una de las prioridades definidas.

9. Incidente 617 – Síntomas gastrointestinales.

Figura 19. Diagrama de caja y bigotes del incidente 617 (Síntomas gastrointestinales) 2014 a 2017.



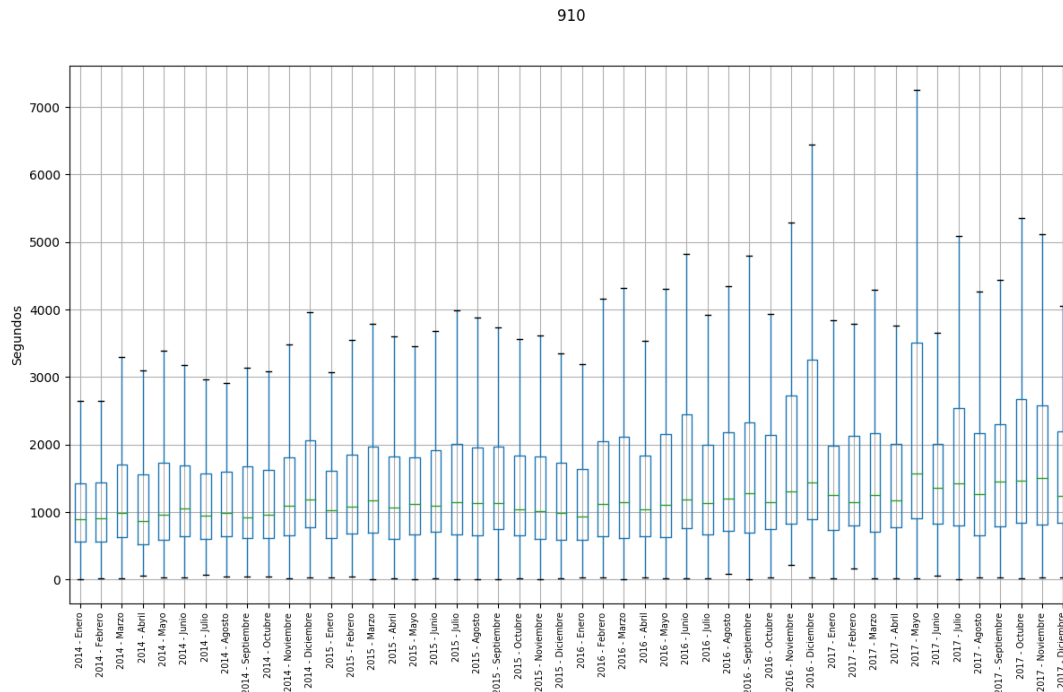
Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 617 son asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 617 tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 617 tardan más en ser atendidos.

En el periodo de estudio (2014 - 2017), la curtosis ha venido haciéndose cada vez menor, lo cual muestra que el sistema cada vez es más que irregular en los tiempos para recibir el recurso. Por otro lado, se evidencia un aumento en la mediana de tiempo de respuesta.

Se espera que el percentil 75 se encuentre por debajo del tiempo máximo para recibir el recurso, de acuerdo con los tiempos que han sido asignados para cada una de las prioridades definidas.

10. Incidente 910 – Lesiones personales.

Figura 20. Diagrama de caja y bigotes del incidente 910 (Lesiones personales) 2014 a 2017.



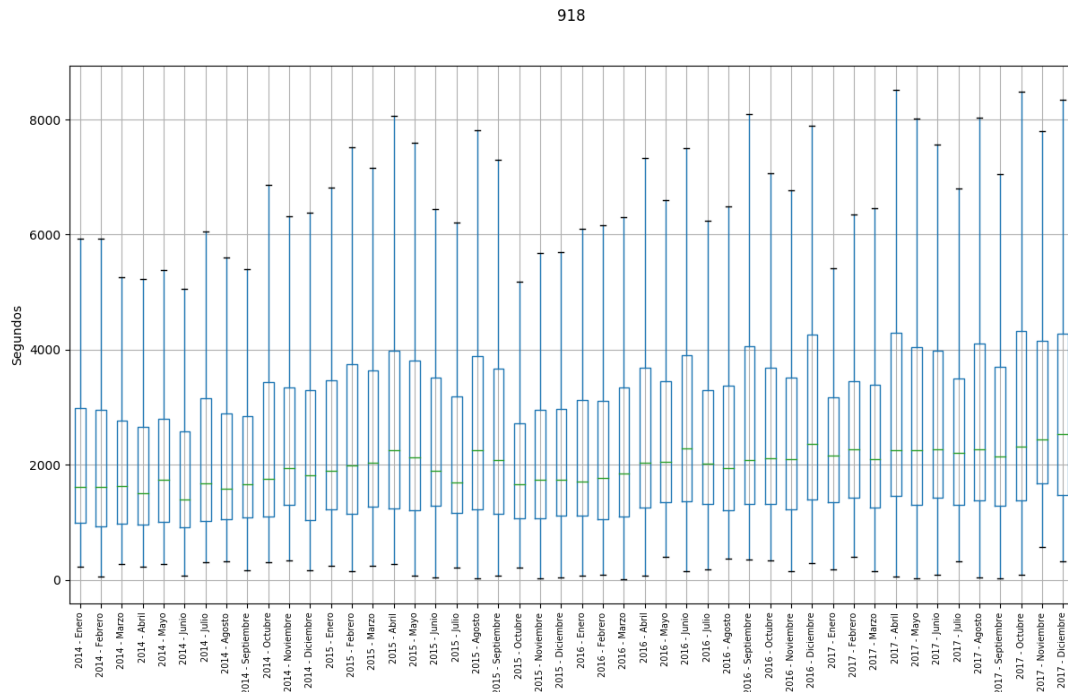
Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 910 son asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 910 tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 910 tardan más en ser atendidos.

En el periodo de estudio (2014 - 2017), la curtosis ha venido haciéndose cada vez menor, lo cual muestra que el sistema cada vez es más irregular en los tiempos para recibir el recurso. Por otro lado, se evidencia un aumento en la mediana de tiempo de respuesta.

Se espera que el percentil 75 se encuentre por debajo del tiempo máximo para recibir el recurso, de acuerdo con los tiempos que han sido asignados para cada una de las prioridades definidas.

11. Incidente 918 – Intento de suicidio.

Figura 21. Diagrama de caja y bigotes del incidente 918 (Intento de suicidio) 2014 a 2017.



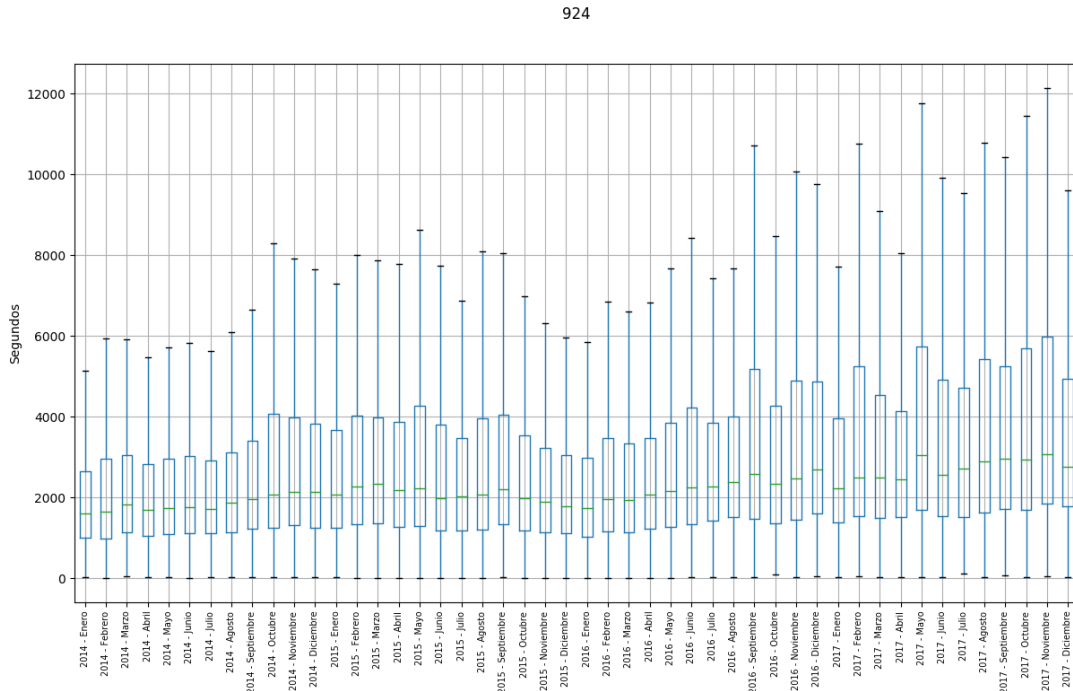
Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 918 son asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 918 tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 918 tardan más en ser atendidos.

En el periodo de estudio (2014 - 2017), la curtosis ha venido haciéndose cada vez menor, lo cual muestra que el sistema cada vez es más irregular en los tiempos para recibir el recurso. Por otro lado, se evidencia un aumento en la mediana de tiempo de respuesta.

Se espera que el percentil 75 se encuentre por debajo del tiempo máximo para recibir el recurso, de acuerdo con los tiempos que han sido asignados para cada una de las prioridades definidas.

12. Incidente 924 – Enfermo.

Figura 22. Diagrama de caja y bigotes del incidente 924 (Enfermo) 2014 a 2017.



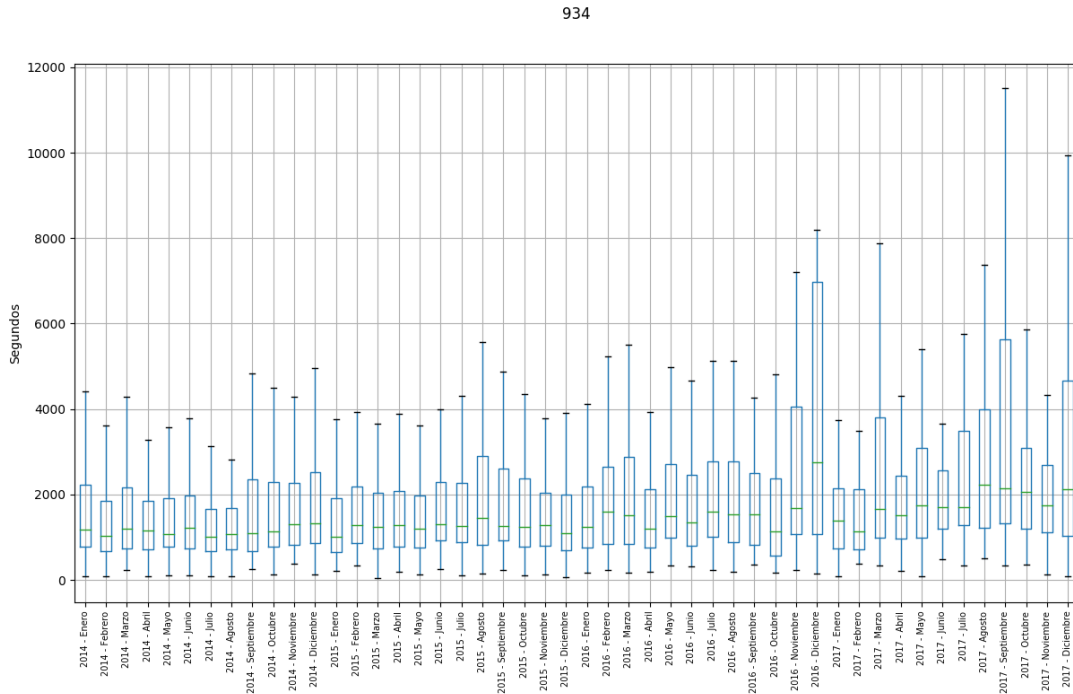
Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 924 son asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 924 tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 924 tardan más en ser atendidos.

En el periodo de estudio (2014 - 2017), la curtosis ha venido haciéndose cada vez menor, lo cual muestra que el sistema cada vez es más irregular en los tiempos para recibir el recurso. Por otro lado, se evidencia un aumento en la mediana de tiempo de respuesta.

Se espera que el percentil 75 se encuentre por debajo del tiempo máximo para recibir el recurso, de acuerdo con los tiempos que han sido asignados para cada una de las prioridades definidas.

13. Incidente 934 - Riña.

Figura 23. Diagrama de caja y bigotes del incidente 934 (Riña) 2014 a 2017.



Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 934 son asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 934 tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 934 tardan más en ser atendidos.

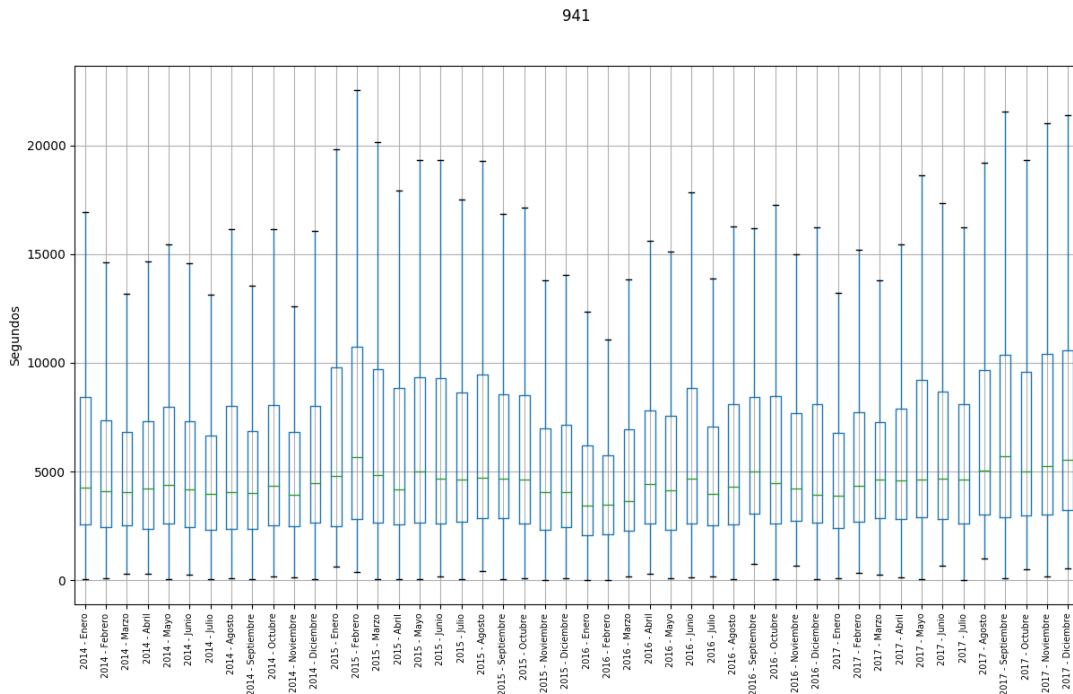
En el periodo de estudio (2014 - 2017), la curtosis ha venido haciéndose cada vez menor, lo cual muestra que el sistema cada vez es más que irregular en los tiempos para recibir el recurso. Por otro lado, se evidencia un aumento en la mediana de tiempo de respuesta.

Se espera que el percentil 75 se encuentre por debajo del tiempo máximo para recibir el recurso, de acuerdo con los tiempos que han sido asignados para cada una de las prioridades definidas.

El diagrama correspondiente a diciembre de 2016 y septiembre de 2017 evidencia un comportamiento por fuera del contexto habitual de la respuesta de emergencias, por lo que fue analizado por separado, encontrándose que corresponde a un bajo número de incidentes donde alguno de ellos tuvo un mayor tiempo de respuesta, generando el desplazamiento hacia la izquierda que se muestra en el diagrama.

14. Incidente 941 – Trastorno mental.

Figura 24. Diagrama de caja y bigotes del incidente 941 (Trastorno mental) 2014 a 2017.



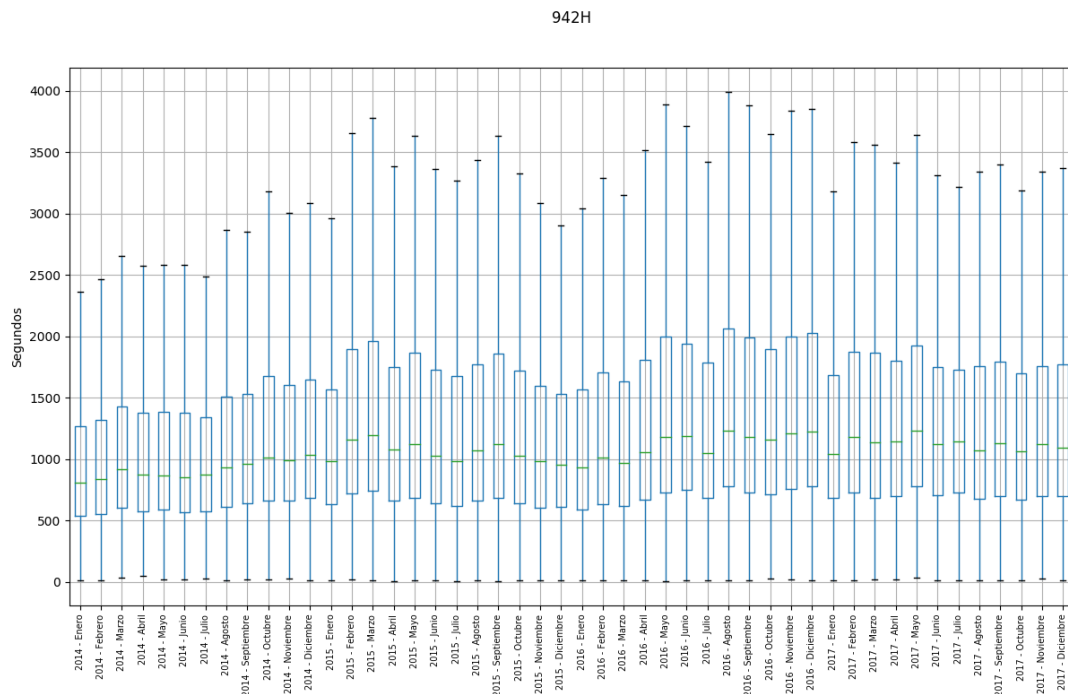
Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 941 son asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 941 tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 941 tardan más en ser atendidos.

En el periodo de estudio (2014 - 2017), la curtosis ha venido haciéndose cada vez menor, lo cual muestra que el sistema cada vez es más irregular en los tiempos para recibir el recurso. Por otro lado, se evidencia un aumento en la mediana de tiempo de respuesta.

Se espera que el percentil 75 se encuentre por debajo del tiempo máximo para recibir el recurso, de acuerdo con los tiempos que han sido asignados para cada una de las prioridades definidas.

15. Incidente 942H – Accidente de tránsito con heridos.

Figura 25. Diagrama de caja y bigotes del incidente 942H (Accidente de tránsito con heridos) 2014 a 2017.



Los datos sobre tiempos de respuesta para los incidentes con código 942H sin asimétricos hacia la derecha, esto significa que muchos incidentes tipificados 942H tardan relativamente menos en recibir el recurso para la atención, mientras que cada vez menos incidentes tipificados 942H tardan más en ser atendidos.

En el periodo de estudio (2014 - 2017), la curtosis ha venido haciéndose cada vez menor, lo cual muestra que el sistema cada vez es más que irregular en los tiempos para recibir el recurso. Por otro lado, se evidencia un aumento en la mediana de tiempo de respuesta.

Se espera que el percentil 75 se encuentra por debajo del tiempo máximo para recibir el recurso, de acuerdo con los tiempos que han sido asignados para cada una de las prioridades definidas.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO 3

Existe disparidad entre las prioridades asignadas a 11 de los 43 incidentes relacionados en la guía de tipificación y las prioridades que operativamente son asignadas, por lo que es importante evaluar la necesidad de replantear la prioridad asignada en la guía para esos códigos.

Poco más del 90% de los incidentes atendidos corresponden a un tercio de los tipos de incidentes en salud considerados en la guía de tipificación por lo que es importante hacer aproximaciones de salud pública que puedan intervenir novedosamente éstos incidentes para lograr un impacto beneficioso en la salud de la población del Distrito Capital.

El tipo de recurso que más incidentes atiende es la ambulancia básica, probablemente porque dentro del programa de Atención Pre Hospitalaria, las ambulancias medicalizadas son el 21% de los recursos, mientras que las ambulancias básicas son el 79%.

Solamente en el incidente 941 – trastorno mental se evidencia que son las ambulancias medicalizadas las que más incidentes atienden, esto obedece a que éste tipo de incidentes está precedido de la atención telefónica brindada por el equipo de psicología que se encuentra en el CRUE, el cual realiza un proceso de selección de pacientes, con el propósito de determinar claramente los pacientes que requieren manejo por personal médico durante el traslado a la institución hospitalaria y aquellos que pueden trasladarse por propios medios.

En el incidente 941 – trastorno mental también se evidencia que las ambulancias medicalizadas seleccionadas para el manejo del paciente psiquiátrico son insuficientes, toda vez que apenas pueden cubrir cerca del 20% de las atenciones.

De los 15 tipos de incidentes evaluados, ninguno de ellos presenta medianas que se acercan a la línea imaginaria de los 8 minutos definida en la literatura como la atención oportuna para los casos en que está en riesgo la vida del paciente.

CAPÍTULO 4: SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

Una vez recopilada la información de los incidentes en salud, atendidos en los años 2014, 2015, 2016 y 2017, es necesario definir la forma de proyectar la cantidad de incidentes que se espera pueda presentarse durante el año 2018 y acorde a esto, establecer el número de ambulancias, tipo de recursos y ubicación de las bases, para obtener tiempos de respuesta que respondan a los estándares mencionados previamente.

Para definir el tipo de modelo utilizado en el trabajo de grado y considerando que contamos con unos recursos fijos (número de ambulancias) y otros variables como el tiempo de espera, pero que además es necesario vincular al espacio como una variable activa y determinante para la toma de decisiones; se descartaron los modelos de programación lineal y los modelos clásicos de transporte – trasbordo y se decidió utilizar modelos dinámicos para configurar la modelación de tal manera que a partir de datos históricos se proyecte el funcionamiento utilizando herramientas multi-criterio debido a su cercanía a la dinámica real del proceso por usar procesos dinámicos y adaptativos.

Para lograr este objetivo se busca, mediante la utilización de la simulación de eventos discretos como herramienta, generar escenarios cuyas reglas sean un reflejo de las características del sistema de emergencias médicas actual de Bogotá, sobre el cual pueden hacerse variaciones en sus diferentes variables (número de ambulancias, tipo y ubicación de las mismas y hora del día) para así concebir diferentes soluciones factibles. Este ejercicio corresponde a un solo evento probable, cuyo cambio en las variables, generaría escenarios adicionales entendidos como soluciones; el uso de los algoritmos genéticos busca utilizar múltiples escenarios o soluciones probables y obtener el más adecuado en las variables que fueron consideradas (número de ambulancias, tipo y ubicación de las mismas); con lo anterior, se genera un planteamiento probable de las nuevas ubicaciones.

4.1. Intervención del sistema

Algoritmos Genéticos.

Los algoritmos genéticos se emplean comúnmente en problemas de optimización que, de otra manera, requerirían mucho tiempo para ser resueltos computacionalmente. A grandes rasgos, la metodología de los algoritmos genéticos puede describirse de la siguiente manera:

- En primera instancia se definen las restricciones fuertes y blandas del problema a resolver. Las restricciones fuertes son aquellas que permiten crear soluciones factibles al problema, aunque no sean soluciones óptimas (por ejemplo, la ubicación

de las ambulancias debe darse dentro del perímetro de la ciudad). Las restricciones débiles permiten orientar la optimización del problema, ya que a partir de ellas se definen funciones de ajuste que permiten medir qué tan buena es una solución al problema (por ejemplo, a los incidentes de prioridad alta irían ambulancias medicalizadas siempre que haya disponibles, sino, se enviaría una ambulancia básica; de esta manera se permite mayor variedad de soluciones factibles).

- A partir de las restricciones se construyen de manera aleatoria unas soluciones del problema y se conforma la primera generación de soluciones del algoritmo genético.
- El algoritmo evalúa todas las soluciones de la primera generación a partir de las funciones de ajuste y selecciona las que obtienen mejores resultados para combinarlas y construir la siguiente generación de soluciones.
- El proceso de combinación depende del tipo de problema que se esté abordando, aunque por lo general incluyen una mutación aleatoria con el propósito de darle variedad a las soluciones de la próxima generación.
- La combinación de las mejores soluciones de cada generación se repite tantas veces como se quiera o se define un criterio de parada a partir de las funciones de ajuste, estableciendo un rango de aceptación de las soluciones.
- La solución que se adopta es aquella que tenga el mejor ajuste de la última generación de soluciones. Esta se considera una solución óptima al problema.

Simulación de Eventos Discretos.

Con una simulación de eventos discretos se busca construir una representación computacional a tiempo discreto de un sistema real. A continuación, se describe de manera genérica una simulación de éste tipo:

- En primera medida se definen los actores (personas, objetos, lugares, etc.) que toman parte en el sistema, las acciones que pueden realizar, los efectos de dichas acciones sobre el sistema, las interacciones entre los actores y los eventos que ocurren. En este paso suelen ser empleados los datos y las estadísticas que se calculan del sistema real para que la representación computacional sea adecuada (razón por la que fue necesario tener una adecuada caracterización del Sistema de Emergencias Médicas de Bogotá tomándose los incidentes en salud de los años 2014 a 2017 que tienen código de cierre “Atendidos”).
- Durante la simulación, el sistema computacional avanza entre diferentes estados de acuerdo con las acciones que ejercen los actores, los efectos que tienen dichas acciones y los eventos que ocurren.

- Un reloj controla la simulación. Este avanza siempre en pasos de tiempo discreto y en cada salto de tiempo se ejecutan las acciones de acuerdo con el estado actual del sistema y este pasa a un estado nuevo para ser tratado en el siguiente salto de tiempo.
- La simulación termina a partir del tiempo del reloj o cuando el sistema ha alcanzado un estado predeterminado.
- Se recopilan datos durante la simulación que posteriormente son analizados según el interés que se tenga sobre el sistema real.

Debido a que el interés del estudio es optimizar las ubicaciones y la cantidad de recursos del sistema de atención de emergencias médicas de Bogotá, se requiere primero realizar una representación computacional de ese sistema, que permita ejecutar los diferentes escenarios propuestos sobre la representación para así validar su efecto. Se construye entonces una simulación de eventos discretos a partir de las estadísticas obtenidas de los datos de la DUES.

Se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones para la construcción:

1. Únicamente se representan las ambulancias medicalizadas y básicas.
2. Se calculó el promedio de incidentes que ocurren en un año, cada día y cada hora del día, a partir de los datos obtenidos de la DUES. De igual manera, se realizó el cálculo por hora de frecuencias relativas, discriminando los tipos de incidentes y sus prioridades. A partir de estos cálculos, se generó de manera aleatoria la cantidad, tipos y prioridades de incidentes a ocurrir durante la simulación. La ubicación de dichos incidentes se toma de manera aleatoria sobre las ubicaciones donde ocurrieron incidentes según los datos de la DUES.
3. Los incidentes por atender se organizan en una cola, ordenados según la prioridad de cada incidente y hora de llegada, a medida que transcurre el tiempo de la simulación.
4. La asignación de las ambulancias se realiza de acuerdo con la prioridad de los incidentes. Para prioridad alta se asigna ambulancia medicalizada y para prioridad media se asigna ambulancia básica. A los incidentes de prioridad baja no se asigna ambulancia.
5. Si al momento de asignar la ambulancia, no hay disponibilidad del tipo correspondiente a la prioridad del incidente, se asigna una del otro tipo, si la hay disponible.
6. A partir de la llegada del recurso al lugar del incidente, se asigna a la ambulancia el tiempo restante para la finalización de la atención del incidente, el cual se calculó a

partir del tiempo promedio entre la llegada del recurso a la escena y el cierre del incidente, calculado a partir de los datos de la DUES. No se están simulando los traslados de personas a instituciones hospitalarias, pero el tiempo está inmerso dentro del tiempo de finalización de la atención.

7. El tiempo de duración de desplazamiento del recurso se calcula teniendo en cuenta la distancia entre la ambulancia y el incidente, a una velocidad establecida según la velocidad promedio de la ciudad de Bogotá, acorde a las cifras de la Secretaría Distrital de Movilidad (27km/h).
8. No se consideran averías o eventos anormales de los recursos. Tampoco cambios de turno, horas de almuerzo o mantenimientos.

La simulación de eventos discretos se ejecutó para una semana con alto volumen de incidentes por lo que se definió aplicarla a la semana del 24 al 31 de diciembre del año promedio, que comprende los días con más ocurrencia de incidentes del año (24, 25 y 31 de diciembre).

Antes de iniciar se generan todos los incidentes que ocurrirán durante la simulación y se obtienen las ubicaciones de las ambulancias. El reloj de la simulación inicia el 24 de diciembre a las 00:00 horas y avanza minuto a minuto. En cada paso del tiempo se revisa la hora del reloj y de acuerdo con ella:

- Se encolan los incidentes que ocurren en ese momento.
- Se asignan los recursos que estén disponibles y se registra su hora de asignación y llegada.
- Si hay eventos de arribo a la escena de los recursos, se calcula el tiempo de finalización y se registra.
- Si hay eventos de finalización de incidentes, se liberan las ambulancias para que queden disponibles y puedan ser asignadas a nuevos incidentes.

Ahora bien, los resultados de la simulación de eventos discretos se analizan para determinar el desempeño de la atención de incidentes frente a la ubicación de ambulancias generada previa a la simulación. Estos resultados son utilizados en el proceso de optimización controlado por el algoritmo genético.

En particular, se generaron aleatoriamente cien puntos diferentes por cada UPZ de Bogotá. De estos puntos se seleccionaron, aleatoriamente, la ubicación de las cien ambulancias. También se genera de manera aleatoria el tipo de cada ambulancia (medicalizada o básica).

Al conjunto de las cien ambulancias con su tipo y su ubicación lo denominaremos configuración de ambulancias.

Antes de iniciar, el algoritmo genético genera de manera aleatoria veinte configuraciones de ambulancias, que corresponde a la primera generación de soluciones del problema. Luego, cada configuración se utiliza en una simulación de eventos discretos para, a partir de los resultados, poder medir su ajuste como solución.

La medición del ajuste depende de cuatro criterios ponderados:

1. Tiempo promedio de llegada de la ambulancia al lugar del incidente desde la ocurrencia de este. Se considera que este es el más importante y por tanto su ponderación es de 40%.
2. Efectividad en asignación de recursos. Esto es, cuantas ambulancias básicas atendieron incidentes de alta y cuantas ambulancias medicalizadas atendieron incidentes de media. La ponderación asignada es de 20%.
3. Insatisfacción en la atención. Esto se calcula a partir de la cantidad de incidentes de alta y media que no fueron atendidos durante el transcurso de la simulación. La ponderación asignada a este criterio es de 20%.
4. Uso de ambulancias. Este criterio mide la cantidad promedio de incidentes atendidos por ambulancia, se considera que es muy buen uso si el promedio se acerca a la cantidad de incidentes total dividido el número de ambulancias. Su ponderación es de 20%.

Las mejores cinco configuraciones, según los cuatro criterios, se combinan de manera aleatoria para generar la siguiente generación de veinte configuraciones. La combinación entonces, genera una nueva configuración de ambulancias a partir de la selección aleatoria de dos de las cinco configuraciones, selecciona aleatoriamente cuarenta y cinco ubicaciones y tipos de cada ambulancia y los diez ubicaciones y tipos restantes se seleccionan a partir de los puntos originales de las UPZ. El anterior proceso se repite cien veces para un total de dos mil configuraciones de ambulancias.

Se seleccionó la configuración que tenga el mejor ajuste a los criterios ponderados de toda la simulación, como la solución óptima del problema.

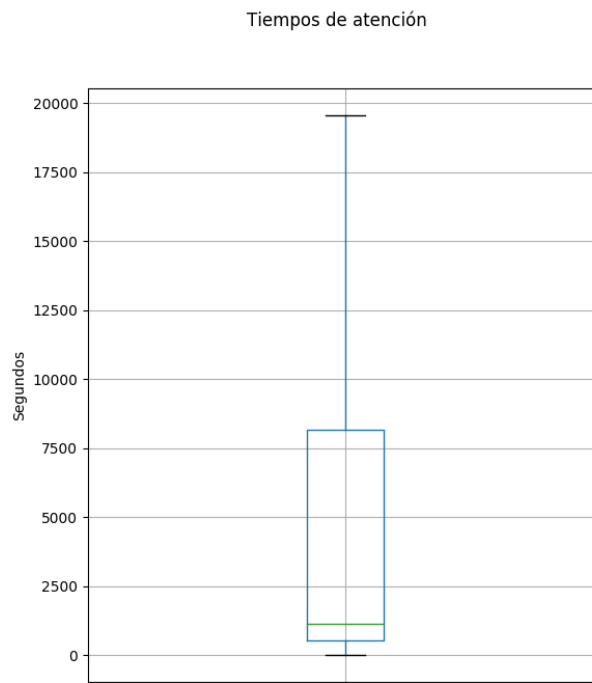
CONCLUSIONES DEL CAPITULO 4

Los algoritmos genéticos en combinación con la simulación de eventos discretos son herramientas a tener en cuenta para la toma de decisiones en escenarios complejos con múltiples variables interdependientes; en los cuales es importante lograr una aproximación rápida a la solución del problema a partir de bases de datos de gran tamaño.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

5.1. Resultados

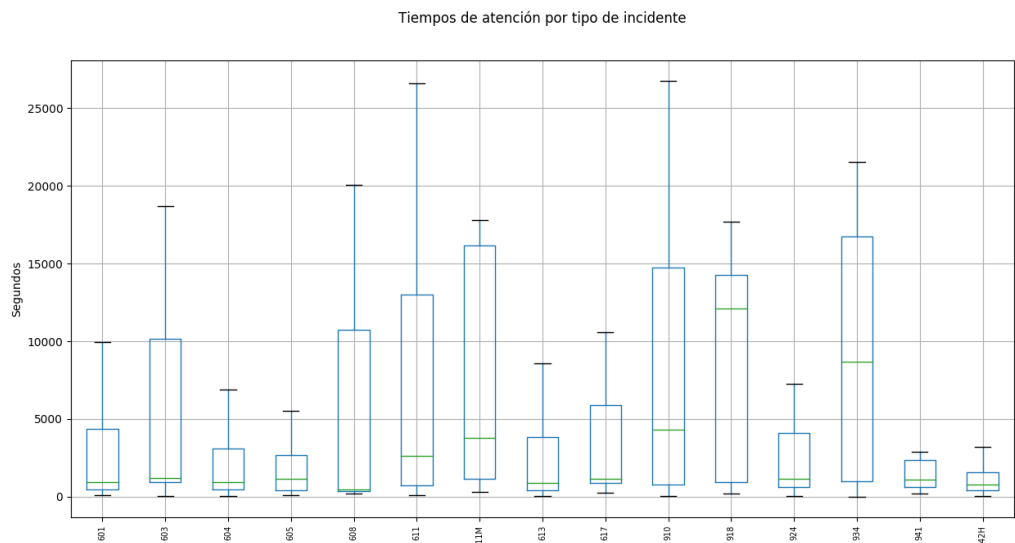
Figura 26. Diagrama de caja y bigotes del total de incidentes generado como solución óptima en la simulación.



El Diagrama de caja y bigotes muestra la distribución de los tiempos de respuesta obtenidos en la solución óptima encontrada en el marco de la simulación de eventos discretos.

Los tiempos de respuesta muestran asimetría hacia la derecha con mediana de 19 minutos (1140 segundos) como tiempo de respuesta, sin embargo, el 75% de los incidentes se atienden en 136 minutos (8160 segundos), escenario inconveniente para la respuesta esperada en incidentes de prioridad alta.

Figura 27. Diagrama de caja y bigotes del cada tipo de incidentes generado en el marco de la solución óptima en la simulación.



El Diagrama de caja y bigotes muestra la distribución de los tiempos de respuesta para cada tipo de incidente, obtenidos en la solución óptima encontrada en el marco de la simulación de eventos discretos.

Aunque persiste la asimetría hacia la derecha en los tiempos de respuesta, situación que es ideal, la mediana muestra gran variabilidad entre los incidentes sin lograrse que alguno de los tipos de incidentes cumpla el criterio del tiempo de respuesta esperado (8 minutos) para la llegada de personal entrenado en soporte vital avanzado.

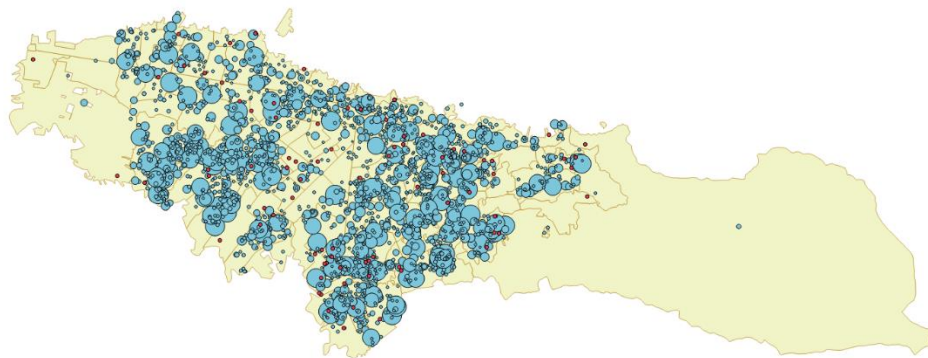
Tabla 5. Distribución del tipo de ambulancias generado como solución óptima en la simulación.

| Tipo de ambulancia | Cantidad | Porcentaje |
|--------------------|----------|------------|
| Básica | 25 | 25,00% |
| Medicalizada | 75 | 75,00% |
| Total | 100 | 100,00% |

En la simulación de eventos discretos se establecieron 100 ambulancias como el número base para determinar las ubicaciones de las bases y los tiempos de respuesta, a partir del cual se realizarán modificaciones en el número de ambulancias hasta obtener tiempos acordes a la literatura médica, los cuales se ajustarían por medio de variaciones en la programación de la simulación.

La solución óptima arrojó una relación 3:1 para ambulancias medicalizadas y básicas, obteniendo 19 minutos (1140 segundos) de tiempo promedio de respuesta para éste escenario el cual, en Bogotá, para todos los eventos de alta prioridad, donde se debería llegar en un tiempo máximo de 8 minutos, implicaría el no cumplimiento de la meta.

Figura 28. Distribución de incidentes del año promedio utilizado en la simulación y bases de ambulancias utilizadas.



El mapa muestra en rojo los sitios de ubicación de las 100 ambulancias utilizadas en el desarrollo de la simulación de eventos discretos y los incidentes generados en azul, el tamaño de cada incidente está directamente relacionado con el tiempo de respuesta, es decir, el incidente de mayor diámetro indica un mayor tiempo de respuesta.

Tabla 6. Ubicación de las bases de ambulancias básicas generadas como solución óptima en la simulación.

| ID | Tipo | Coordenada X | Coordenada Y |
|----|--------|--------------|--------------|
| 1 | basica | -74,1996 | 4,6097 |
| 2 | basica | -74,0954 | 4,5644 |
| 3 | basica | -74,1121 | 4,7707 |
| 4 | basica | -74,0248 | 4,6861 |
| 5 | basica | -74,1513 | 4,7078 |
| 6 | basica | -74,1025 | 4,5410 |
| 7 | basica | -74,0248 | 4,6861 |
| 8 | basica | -74,1359 | 4,6752 |
| 9 | basica | -74,0490 | 4,7170 |
| 10 | basica | -74,1570 | 4,6453 |
| 11 | basica | -74,1246 | 4,4828 |
| 12 | basica | -74,1615 | 4,6391 |
| 13 | basica | -74,0868 | 4,5834 |
| 14 | basica | -74,0490 | 4,7170 |
| 15 | basica | -74,0970 | 4,5582 |
| 16 | basica | -74,1004 | 4,5716 |
| 17 | basica | -74,0777 | 4,6060 |
| 18 | basica | -74,1468 | 4,5399 |
| 19 | basica | -74,1104 | 4,5403 |
| 20 | basica | -74,1834 | 4,6469 |
| 21 | basica | -74,1118 | 4,7146 |
| 22 | basica | -74,0251 | 4,7330 |
| 23 | basica | -74,0721 | 4,6884 |
| 24 | basica | -74,1645 | 4,6187 |
| 25 | basica | -74,1062 | 4,6886 |

La tabla 6 muestra las coordenadas en las cuales el sistema calculó el punto medio para la ubicación de ambulancias básicas que atienden, partiendo de la mayor efectividad posible y la optimización de los tiempos de desplazamiento a la velocidad parametrizada, sin embargo, debe aclararse que la referencia es geográfica y para este estudio no se incluyeron los vectores de tránsito implicados que pueden alterar parcialmente éstos tiempos de respuesta.

Tabla 7. Ubicación de las bases de ambulancias medicalizadas generadas como solución óptima en la simulación.

| ID | Tipo | Coordenada X | Coordenada Y | ID | Tipo | Coordenada X | Coordenada Y | ID | Tipo | Coordenada X | Coordenada Y |
|----|--------------|--------------|--------------|----|--------------|--------------|--------------|----|--------------|--------------|--------------|
| 1 | medicalizada | -74,1014 | 4,4973 | 26 | medicalizada | -74,1133 | 4,6217 | 51 | medicalizada | -74,0957 | 4,6397 |
| 2 | medicalizada | -74,1696 | 4,5966 | 27 | medicalizada | -74,0445 | 4,7295 | 52 | medicalizada | -74,1365 | 4,5396 |
| 3 | medicalizada | -74,0712 | 4,6217 | 28 | medicalizada | -74,1032 | 4,6478 | 53 | medicalizada | -74,1679 | 4,6342 |
| 4 | medicalizada | -74,1161 | 4,7541 | 29 | medicalizada | -74,0878 | 4,5953 | 54 | medicalizada | -74,0547 | 4,7067 |
| 5 | medicalizada | -74,1679 | 4,6342 | 30 | medicalizada | -74,1070 | 4,6669 | 55 | medicalizada | -74,1745 | 4,6460 |
| 6 | medicalizada | -74,0653 | 4,6009 | 31 | medicalizada | -74,1032 | 4,6613 | 56 | medicalizada | -74,1943 | 4,6411 |
| 7 | medicalizada | -74,2047 | 4,6321 | 32 | medicalizada | -74,0705 | 4,6297 | 57 | medicalizada | -74,0445 | 4,7295 |
| 8 | medicalizada | -74,0516 | 4,7456 | 33 | medicalizada | -74,1008 | 4,6657 | 58 | medicalizada | -74,1281 | 4,5683 |
| 9 | medicalizada | -74,1649 | 4,6424 | 34 | medicalizada | -74,1649 | 4,6424 | 59 | medicalizada | -74,0712 | 4,6217 |
| 10 | medicalizada | -74,0674 | 4,6745 | 35 | medicalizada | -74,0445 | 4,7295 | 60 | medicalizada | -74,1729 | 4,6163 |
| 11 | medicalizada | -74,0878 | 4,5953 | 36 | medicalizada | -74,1778 | 4,6316 | 61 | medicalizada | -74,1251 | 4,6634 |
| 12 | medicalizada | -74,1925 | 4,6263 | 37 | medicalizada | -74,1067 | 4,4923 | 62 | medicalizada | -74,1219 | 4,5548 |
| 13 | medicalizada | -74,0943 | 4,6010 | 38 | medicalizada | -74,0762 | 4,6735 | 63 | medicalizada | -74,1187 | 4,5866 |
| 14 | medicalizada | -74,1187 | 4,5866 | 39 | medicalizada | -74,0653 | 4,6009 | 64 | medicalizada | -74,1562 | 4,6387 |
| 15 | medicalizada | -74,1140 | 4,6585 | 40 | medicalizada | -74,1655 | 4,6437 | 65 | medicalizada | -74,1679 | 4,6342 |
| 16 | medicalizada | -74,1103 | 4,5711 | 41 | medicalizada | -74,1070 | 4,6669 | 66 | medicalizada | -74,1595 | 4,6497 |
| 17 | medicalizada | -74,1843 | 4,6458 | 42 | medicalizada | -74,0307 | 4,7016 | 67 | medicalizada | -74,1281 | 4,5683 |
| 18 | medicalizada | -74,0927 | 4,4841 | 43 | medicalizada | -74,1024 | 4,5461 | 68 | medicalizada | -74,0802 | 4,6478 |
| 19 | medicalizada | -74,0466 | 4,6564 | 44 | medicalizada | -74,0878 | 4,5953 | 69 | medicalizada | -74,0408 | 4,8221 |
| 20 | medicalizada | -74,1614 | 4,6141 | 45 | medicalizada | -74,1008 | 4,4899 | 70 | medicalizada | -74,1315 | 4,6805 |
| 21 | medicalizada | -74,1414 | 4,6831 | 46 | medicalizada | -74,1696 | 4,5966 | 71 | medicalizada | -74,1675 | 4,5980 |
| 22 | medicalizada | -74,1638 | 4,6164 | 47 | medicalizada | -74,0928 | 4,5954 | 72 | medicalizada | -74,0664 | 4,6955 |
| 23 | medicalizada | -74,1696 | 4,5966 | 48 | medicalizada | -74,0445 | 4,7295 | 73 | medicalizada | -74,1082 | 4,7149 |
| 24 | medicalizada | -74,0867 | 4,5065 | 49 | medicalizada | -74,1070 | 4,6669 | 74 | medicalizada | -74,1471 | 4,5371 |
| 25 | medicalizada | -74,1070 | 4,6669 | 50 | medicalizada | -74,1556 | 4,5446 | 75 | medicalizada | -74,0997 | 4,6041 |

La tabla 7 muestra las coordenadas en las cuales el sistema calculó el punto medio para la ubicación de ambulancias medicalizadas que atienden, partiendo de la mayor efectividad posible y la optimización de los tiempos de desplazamiento a la velocidad parametrizada, sin embargo, debe aclararse que la referencia es geográfica y para este estudio no se incluyeron los vectores de tránsito implicados que pueden alterar parcialmente éstos tiempos de respuesta.

La información generada en el marco de la simulación de eventos discretos con 100 ambulancias y una relación de 3:1 en los tipos de recursos, se extrapoló, mediante teoría de colas, para determinar la cantidad de ambulancias requeridas, arrojando la siguiente información (ver tabla 8):

Tabla 8. Determinación de cantidad de ambulancias requeridas de acuerdo con los tiempos de ocupación de ambulancia y los segundos entre la ocurrencia de incidentes.

| | Mediana | Cuartil 3 | Percentil 90 |
|--|------------|------------|--------------|
| Segundos de ocupacion de ambulancias | 14.400 | 16.783 | 33.660 |
| Segundos entre ocurrencia de incidentes | 120 | 120 | 120 |
| Ambulancias requeridas | 120 | 140 | 281 |

La tabla 8 muestra en la primera fila, el tiempo que una ambulancia se encuentra asignada al incidente, en la segunda fila, el periodo de tiempo que transcurre entre la aparición de los incidentes y en la tercera fila el número de ambulancias que debe estar operativo en todo momento para poder responder al porcentaje de incidentes que se muestra en las columnas.

CONCLUSIONES

El tiempo total de vinculación de la ambulancia al incidente tiene un impacto directo sobre la asignación de recursos y sobre el número de ambulancias que se requieren para obtener los tiempos de respuesta en niveles adecuados.

El trabajo no considera las ambulancias que realizan traslados interinstitucionales, las cuales deben ser adicionales a las utilizadas en el programa de atención pre hospitalario.

El trabajo tampoco tuvo en cuenta los incidentes que no fueron cerrados como “Atendidos” durante los años 2014 a 2017, pero que, por el código del incidente, pudieron haber requerido ambulancia para mejorar la sobrevida del paciente en el arribo a la institución.

El sistema de emergencias médicas debe considerar un número adecuado de ambulancias para responder al 90% de los incidentes proyectados, con el tiempo de respuesta acorde a su prioridad (8 minutos). Lo que se ha evidenciado durante los últimos 4 años, es que los tiempos de respuesta han aumentado, la heterogeneidad de los incidentes también ha aumentado, pero el número de incidentes atendidos ha disminuido, sin poderse concluir la causa de la disminución de éstos.

Teniendo en cuenta la normatividad relacionada con el Sistema de Emergencias Médicas que ha generado nuestro país, la cual define el Sistema de Respuesta Pre Hospitalaria, el trabajo de grado utiliza el tipo de servicio de emergencia que actualmente funciona en la ciudad de Bogotá y pretende, acorde a las necesidades actuales, a las normas vigentes y a la forma de funcionamiento del sistema, establecer el número de ambulancias que respondería con la oportunidad requerida y que se encuentra soportada en los diversos estudios referenciados en el mismo. De ninguna manera se pretende proponer un ajuste al tipo de servicio médico de emergencia, pues eso implicaría considerar aspectos mucho más hipotéticos, en lugar de apegarse a la realidad, que es como se desea plantear.

RECOMENDACIONES

Este trabajo dio lugar a la identificación del número de recursos móviles requeridos para la atención de incidentes en salud en la ciudad de Bogotá. Sin embargo, para que este número de recursos sugerido tenga valor en la gestión, se requiere que se considere el modelo de contratación de los recursos móviles.

Cuando se identifica un valor efectivo de recursos móviles, se requiere que ese valor se encuentre siempre disponible y no varíe su número debido a recursos que están fuera de servicio por cualquier situación anómala (fallas mecánicas, mantenimiento preventivo, cambios de turno, entre otros).

El modelo de contratación debe estar orientado a que el operador garantice que el número efectivo de recursos móviles siempre esté en servicio y que los recursos fuera de servicio, sean asumidos por el operador y no constituyan un riesgo al sistema.

Es importante, además, que la asignación geográfica tenga referencia en el sistema de movilidad del Distrito, para ajustar la verdadera ubicación de los recursos a direcciones reales, así como los diversos vectores de movilidad que influirían en los tiempos de desplazamiento.

La siguiente fase es el uso de los datos por medio de la extrapolación de los valores encontrados por teoría de colas, en una nueva simulación durante un año, con el número de recursos sugeridos y la relación del tipo de recursos, con el propósito de probar en múltiples escenarios, que los datos sugeridos logran cumplir las metas propuestas, además de determinar la ubicación óptima de las bases de los recursos.

Ésta fase implicaría, al correr una gran cantidad de datos, simulados en un periodo de tiempo prolongado, la utilización de recursos tecnológicos adicionales no disponibles en el momento para el grupo de investigación.

Se debe recordar que la base de datos obtenida contiene las llamadas a la línea de emergencias 123, que generaron la creación de por lo menos un incidente de salud durante los años 2014, 2015, 2016 y 2017, generándose un sub registro en el sistema de información actual, pues quedan excluidos de la base de datos los incidentes atendidos por las empresas privadas y que no generaron la activación del Número único de Seguridad y Emergencia. La anterior situación, imposibilita determinar el impacto de las ambulancias privadas en la atención de incidentes de emergencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Alder, A. C. (2009). Advanced Trauma Life Support. In *Parkland Trauma Handbook* (pp. 16–17). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-05226-9.50010-4>
- Beuran M, Paun S, Gaspar B, Vartic M, Hostiuc S, Chiotoroiu A, & Negoii I. (2012). Prehospital Trauma Care: a Clinical Review. *Chirurgia* 2012. *Chirurgia*, 107(5), 564–570. Retrieved from <https://sci-hub.tw/https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23116846>
- Blackwell, T. H., & Kaufman, J. S. (2002). Response time effectiveness: Comparison of response time and survival in an urban emergency medical services system. *Academic Emergency Medicine*, 9(4), 288–295. <https://doi.org/10.1197/aemj.9.4.288>
- Blackwell, T. H., Kline, J. A., Willis, J. J., & Hicks, G. M. (2009). Lack of association between prehospital response times and patient outcomes. *Prehospital Emergency Care*, 13(4), 444–450. <https://doi.org/10.1080/10903120902935363>
- Blanchard, I. E., Doig, C. J., Hagel, B. E., Anton, A. R., Zygun, D. a, Kortbeek, J. B., ... Innes, G. D. (2012). Emergency medical services response time and mortality in an urban setting. *Prehospital Emergency Care*, 16, 142–51. <https://doi.org/10.3109/10903127.2011.614046>
- Boyd, D. R. (1980). A Controllable Disease in the 1980's (Fourth Annual Stone Lecture, American Trauma Society). *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 20, 14–24.
- Brotcorne, L., Laporte, G., & Semet, F. (2003). Ambulance location and relocation models. *European Journal of Operational Research*, 147(3), 451–463. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00364-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00364-8)
- Caravaca Caballero, A. (2009). Los sistemas de emergencias sanitarios en el mundo. *Puesta Al Día En Urgencias, Emergencias Y Catástrofes*, 9 (1)(1576–316), 51–56.
- Carr, B. G., Caplan, J. M., Pryor, J. P., & Branas, C. C. (2006). A meta-analysis of prehospital care times for trauma. *Prehospital Emergency Care*, 10(2), 198–206. <https://doi.org/10.1080/10903120500541324>
- Concejo de Bogotá. (2010). Proyecto de Acuerdo 61 de 2010. Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38878>
- Dale, J., Williams, S., Foster, T., Higgins, J., Snooks, H., Crouch, R., ... George, S. (2004). Safety of telephone consultation for “non-serious” emergency ambulance service patients. *Quality and Safety in Health Care*, 13(5), 363–373. <https://doi.org/10.1136/qshc.2003.008003>
- Eisenberg, M. S., Bergner, L., & Hallstrom, A. (1979). Cardiac Resuscitation in the Community. *JAMA : The Journal of the American Medical Association*, 241(18), 1905–1907. <https://doi.org/10.1001/jama.1979.03290440027022>
- Goodloe, J. M., Knoles, C. L., McAnallen, D., Cox, M. L., & Howerton, D. S. (2017). Oklahoma's Data-Driven Approach to Urban EMS Response Time Reform. Retrieved February 24, 2018, from <http://www.jems.com/articles/print/volume-42/issue->

2/features/oklahoma-s-data-driven-approach-to-urban-ems-response-time-reform.html?c=1

Harvey, A. L., Gerard, W. C., Rice, G. F., & Finch, H. (1999). Actual vs perceived ems response time. *Prehospital Emergency Care*, 3(1), 11–14.
<https://doi.org/10.1080/10903129908958898>

Independent Budget Office. (2013). *With More Ambulances on the Streets Response Times to Serious Medical Emergencies Improve*. New York.

Martínez Estalella, G. (2010). Organización, coordinación y marco legal en los servicios de urgencias. In *El entorno humano y terapéutico en la atención del paciente de urgencias* (p. 51).

Morales, N. (2001). Algunas consideraciones para la org. de servicios de salud para emergencias y desastres.pdf. *Anales de La Facultad de Medicina*, 62(1025–5583), 44–55.

Morillo Rodriguez, J., Abad Esteban, F., Acebedo Esteban, F. J., Aranda Fernández, A., Barrado Muñoz, L., Cabezas Moreno, A. (2007). *Manual de enfermería de asistencia pre hospitalaria urgente*. Madrid, España: Elsevier.

Myers, J. B., Slovis, C. M., Eckstein, M., Goodloe, J. M., Isaacs, S. M., Loflin, J. R., ... Pepe, P. E. (2008). Evidence-Based Performance Measures for Emergency Medical Services Systems: A Model for Expanded EMS Benchmarking - Myers Benchmarking in EMS.pdf. *Prehospital Emergency Care*, 12(February 2016), 141–151.
<https://doi.org/10.1080/10903120801903793>

National Fire Protection Association. (2018). NFPA. Retrieved from
<https://www.nfpa.org/Codes-and-Standards/All-Codes-and-Standards/List-of-Codes-and-Standards>

Nichol, G., Detsky, A. S., Stiell, I. G., O'Rourke, K., Wells, G., & Laupacis, A. (1996). Effectiveness of Emergency Medical Services for Victims of Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Metaanalysis. *Annals of Emergency Medicine*, 27(6), 700–710.
[https://doi.org/10.1016/S0196-0644\(96\)70187-7](https://doi.org/10.1016/S0196-0644(96)70187-7)

Patel, A. B., Waters, N. M., Blanchard, I. E., Doig, C. J., & Ghali, W. A. (2012). A validation of ground ambulance pre-hospital times modeled using geographic information systems. *International Journal of Health Geographics*, 11, 42.
<https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-42>

Peleg, K., & Pliskin, J. S. (2004). A geographic information system simulation model of EMS: Reducing ambulance response time. *American Journal of Emergency Medicine*, 22(3), 164–170. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2004.02.003>

Pell, J. P., Sirel, J. M., Marsden, A. K., Ford, I., & Cobbe, S. M. (2001). Effect of reducing ambulance response times on deaths from out of hospital cardiac arrest: cohort study. *BMJ: British Medical Journal*, 322(7299), 1385–1388.
<https://doi.org/10.1136/bmj.322.7299.1385>

Perales Rodríguez de Viguri, N. (1986). Atención prehospitalaria a la cardiopatía isquémica aguda. Importancia de la difusión de la resucitación cardiopulmonar. *Medicina Intensiva*, 10 (Extra), 3–13.

- Peters, J., & Brent Hall, G. (1999). Assessment of ambulance response performance using a geographic information system. *Social Science and Medicine*, 49(11), 1551–1566. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(99\)00248-8](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(99)00248-8)
- Pons, P. T., Haukoos, J. S., Bludworth, W., Cribley, T., Pons, K. A., & Markovchick, V. J. (2005). Paramedic response time: Does it affect patient survival? *Academic Emergency Medicine*, 12(7), 594–600. <https://doi.org/10.1197/j.aem.2005.02.013>
- Rhee, K. J., Fisher, C. J., & Willitis, N. H. (1987). The Rapid Acute Physiology Score. *The American Journal of Emergency Medicine*, 5(4), 278–282. [https://doi.org/10.1016/0735-6757\(87\)90350-0](https://doi.org/10.1016/0735-6757(87)90350-0)
- Rodríguez, A. K. (2016). *Modelo de simulación para analizar el problema de relocalización de las ambulancias de un servicio de emergencia médico (SEM)*. Universidad de Antioquia.
- Rodríguez Q., A. K., Osorno O., G. M., & Maya D., P. A. (2016). Relocation of Vehicles Emergency Medical Services: a Review. *Ingeniería Y Ciencia*, 12(23), 163–202. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.12.23.9>
- Secretaria de Salud Distrital de Bogotá. (2017). Dirección de Salud Pública Urgencias y Emergencias en Salud Pública. Retrieved February 26, 2018, from <http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Paginas/UrgenciasyEmergenciasEnSaludPublica.aspx>
- Secretaria Distrital de Salud. (2017). Centro Regulador de Urgencias y Emergencias Información Centro Regulador de Urgencias y Emergencias. Retrieved February 26, 2018, from http://www.saludcapital.gov.co/DCRUE/Paginas/Informacion_Crue.aspx
- Secretaría Distrital de Salud. (2017). Centro Regulador de Urgencias y Emergencias Atención Prehospitalaria (APH) – Servicio para casos de Urgencia Crítica y Emergencia. Retrieved February 26, 2018, from http://www.saludcapital.gov.co/DCRUE/Paginas/Atencion_Prehospitalaria.aspx
- Smith, R. M., & Conn, A. K. T. (2009). Prehospital care − Scoop and run or stay and play? *Injury*, 40, S23–S26. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2009.10.033>
- Torres Morera, L. M. (2002). *Tratado de cuidados críticos y emergencias*. Cádiz, España: Arán Ediciones.
- Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital. (2017). Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital – IDECA. Retrieved from <https://www.ideca.gov.co/es>
- Wei Lam, S. S., Zhang, Z. C., Oh, H. C., Ng, Y. Y., Wah, W., & Hock Ong, M. E. (2014). Reducing Ambulance Response Times Using Discrete Event Simulation. *Prehospital Emergency Care*, 18(2), 207–16. <https://doi.org/10.3109/10903127.2013.836266>