



U N I V E R S I D A D

**Piloto**

D E C O L O M B I A

SISTEMA SEMAFÓRICO PREFERENCIAL SIMULADO PARA VEHÍCULOS DE EMERGENCIA USANDO ENFOQUES DE IoT E ITS: CASO DE ESTUDIO AMBULANCIAS

LAURA ALEJANDRA ENCISO MUÑOZ  
AXEL ARTHURO NÚÑEZ MEDINA

Trabajo de Grado

Director  
LUIS FELIPE HERRERA QUINTERO

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
BOGOTÁ D.C.  
2018





U N I V E R S I D A D

**Piloto**

D E C O L O M B I A

SISTEMA SEMAFÓRICO PREFERENCIAL SIMULADO PARA VEHÍCULOS DE EMERGENCIA USANDO ENFOQUES DE IoT E ITS: CASO DE ESTUDIO AMBULANCIAS

LAURA ALEJANDRA ENCISO MUÑOZ  
AXEL ARTHURO NÚÑEZ MEDINA

Trabajo de Grado

Director  
LUIS FELIPE HERRERA QUINTERO

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS  
BOGOTÁ D.C.  
2018



## **Nota de aceptación**

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Escuela de Ingeniería TIC y la Universidad Piloto de Colombia para Optar al título de Ingenieros de Sistemas.

---

Luis Felipe Herrera Quintero  
Director

---

Nelly Stella Beltran Cely  
Director



*A Athena que con su luz nos ayudó  
A encontrar la sabiduría y la destreza necesaria  
Completar este proyecto, y a todos los que decidieron  
Dedicarse a la docencia y tuvimos el placer de encontrar  
A lo largo de nuestra carrera.  
Laura Alejandra Enciso Muñoz  
Axel Arturo Núñez Medina*





*A Athena que con su luz nos ayudó  
A encontrar la sabiduría y la destreza necesaria  
Completar este proyecto, y a todos los que decidieron  
Dedicarse a la docencia y tuvimos el placer de encontrar  
A lo largo de nuestra carrera.  
Laura Alejandra Enciso Muñoz  
Axel Arturo Núñez Medina*



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al ingeniero John Villarreal quien nos introdujo con un primer acercamiento a los conceptos de IoT y desarrollo web en el marco de las nuevas tecnologías, por apoyarnos incluso cuando no era su deber para asegurarse de que el conocimiento que adquiriríamos fuese el mejor posible y basado en tecnologías que se usaban en su momento.

En segundo lugar, queremos agradecer al doctor Luis Felipe Herrera Quintero, nuestro tutor de tesis, por darnos un acercamiento más profundo y práctico al IoT y la programación web. Por creer en nuestra propuesta, enfocarla, centrarla y proveernos con las herramientas y el conocimiento necesario para poder ejecutar todo lo que planeamos. Así mismo, agradecerle por brindarnos oportunidades para nuestras carreras laborales y profesionales.

A todos los profesores con los que tuvimos la fortuna de estudiar, con quienes aprendimos todo lo que sabemos dentro y por fuera de las aulas de clase, quienes desde su altruismo decidieron dedicarse a pasar la antorcha a la siguiente generación para el mejoramiento de la industria, del país, o de ambas.

A todos aquellos que recordaremos incluso cuando ellos no nos recuerden, estaremos siempre en deuda, muchas gracias.



## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3 MARCO REFERENCIAL	21
3.1 MARCO CONCEPTUAL	21
3.1.1. Semáforos	21
3.1.1.1. Tipos de semáforos	21
3.1.2 Ambulancias	22
3.1.2.1 Ambulancia Terrestre	22
3.1.2.1.1 Tipos de ambulancias Terrestres	22
3.1.2.1.2 Tipos de atención en ambulancias terrestres	22
3.1.2.1.3 Movilización de las ambulancias	23
3.1.2.1.4 Identificación del tipo de movilización que efectúa una ambulancia	23
3.1.3 Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)	24
3.1.3.1 Sistema de control de tráfico	24
3.1.3.2 Captura y gestión de datos en tiempo real	24
3.1.3.3 sistema integral de captura de datos sobre el tráfico	24
3.1.4 IoT	24



3.1.4.1 RFID	24
3.1.4.2 Sensor	25
3.1.4.3 Computación en la nube	25
3.1.4.4 Seguridad Informática	25
3.1.4.5 Comunicación y Reproducción	25
3.2 MARCO TEÓRICO	26
3.2.1 Sistemas Inteligentes de transporte	26
3.2.1.1 Soluciones ITS	26
3.2.1.2 Matriz origen/destino	27
3.2.1.3 Incremento de los niveles de seguridad	28
3.2.2 Bases de datos relacionales	28
3.2.3 Tarjetas IoT	28
3.2.4 Sistemas embebidos	28
3.2.5 Aplicaciones Híbridas	28
3.2.6 WebWiew	29
3.2.7 Programación por tiempos	29
3.2.8 Programación automática	29
3.3 MARCO HISTÓRICO	30
3.3.1 SEMÁFOROS	30
3.3.2 AMBULANCIAS	31





3.3.3 IoT	32
3.3.4 ITS	33
4. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	34
5. ALCANCE Y LIMITACIONES	35
6. METODOLOGÍA	36
6.1 Método Científico	36
6.1.1 Planteamiento del problema	36
6.1.2 Formulación de la hipótesis	36
6.1.3 Análisis e interpretación de datos	36
6.1.4 Comprobación de la hipótesis	36
6.1.5 Difusión de resultados	37
6.2 Investigación Cualitativa	37
6.2.2 Exploración de la situación	37
6.2.3 Recolección de datos cualitativos	37
6.2.4. Organización de la información	37
6.2.5 Análisis e interpretación de los datos	37
6.2.6 Conceptualización inductiva	37
7. INSTALACIÓN Y EQUIPOS REQUERIDOS	39
8. PRESUPUESTO	40
9. ESTADO DEL ARTE	42
10. PROPUESTA	46
10.1. Descripción general del sistema	46

10.2 Diseño del sistema	48
10.3. Usuarios	48
11. ARQUITECTURA DEL SISTEMA	49
11.1 Módulo móvil/web	49
11.2. Módulo puente.	52
12. ELECCIÓN DE TECNOLOGÍA	53
12.1. Lenguajes nativos	53
12.2. Lenguajes Híbridos	54
12.3. Simulación de Tráfico	55
13. IMPLEMENTACIÓN	56
13.1 Primer acercamiento	56
13.1.1. Versión 1.0	56
13.1.2. Versión 1.1.	57
13.1.3. Posible versión 1.1.1	57
13.1.4. Posible versión 1.1.2.	58
13.2. Versión 2.0.	58
13.2.1 Simulación	58
13.2.1.1 Creación Primera versión	59
13.2.1.2. Creación Segunda versión.	60
13.2.2. Módulo de monitoreo.	61
13.3. Módulo Puente	65
14. PRUEBAS	67
15. ANÁLISIS DE RESULTADOS	71

16. CONCLUSIONES	72
17. APORTES	73
17.1. Problemas abiertos	73



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pg.</b>
Figura 1. Matriz O/D.	27
Figura 2. Línea de tiempo semáforos	30
Figura 3. Línea de tiempo ambulancias	31
Figura 4. Línea de tiempo IoT	32
Figura 5. Línea de tiempo ITS	33
Figura 6. Escenario	46
Figura 7. Módulos del sistema	47
Figura 8. Descripción general del sistema	47
Figura 9. Modelo entidad relación	52
Figura 10. Primer prototipo	56
Figura 11. Segundo prototipo	57
Figura 12. Versión 1	59
Figura 13. Versión 1.1	60
Figura 14. Página principal	61
Figura 15. Lista de ambulancias	62
Figura 16. Detalle ambulancias	63
Figura 17. Lista semáforos	64
Figura 18. Detalle semáforos	65
Figura 19. Administración base de datos	66
Figura 20. Servicio ambulancia	68
Figura 21. Servicio compañía	68

Figura 22. Servicio emergencia	69
Figura 23. Servicio semáforo	69
Figura 24. Prueba de carga	70

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pg.</b>
Tabla 1. Equipos requeridos.	39
Tabla 2. Talento humano	40
Tabla 3. Equipo de cómputo	40
Tabla 4. Servicios	40
Tabla 5. Requerimientos funcionales	49
Tabla 6. Casos de uso.	51





## **LISTA DE ANEXOS.**

Anexo a. Especificación Requerimientos funcionales.

Anexo b. Especificación Casos de Uso.

Anexo c. Especificación de casos de uso

Anexo d. Diagrama de casos de uso



## ACRÓNIMOS

**ARPANET:** Advanced Research Projects Agency Network

**CSS:** Cascading Style Sheets

**DNS:** Domain Name System

**GSM:** Global System for Mobile communications

**HTML:** HyperText Markup Language

**HTTP:** Hypertext Transfer Protocol

**IoT:** Internet of Things

**IR:** Infrarrojo

**ITS:** Intelligent transportation systems

**MIT:** Massachusetts Institute of Technology

**O/D:** Origen/Destino

**REST:** Representational state transfer

**RFID:** Radio Frequency Identification

**SE:** Sistema embebido

**SQL:** Structured Query Language

**SRS:** Software requirements specification

**TAB:** transporte asistencial Básico

**TAM:** Transporte Asistencial Medicalizado

**TCP/IP:** Transmission Control Protocol/Internet Protocol

**XML:** Extensible markup language



## GLOSARIO

**DATO:** Hace referencia al conjunto de valores abstraídos, los cuales hacen parte del entorno real.

**DEMANDA DE TRANSPORTE:** Es la cantidad de personas que se encuentran en un lugar, y las cuales necesita un medio de transporte.

**DISPOSITIVO:** Es un objeto en el cual se pueden desarrollar diversas acciones.

**EMBEBIDO** Es dispositivo de bajo costo y consumo de energía el cual tiene un tamaño reducido, se caracteriza por su facilidad y versatilidad en el ámbito de programación.

**HTTP:** Es un protocolo de comunicación el cual permite la transferencia de datos entre diferentes servicios.

**INTERFAZ:** Permite la comunicación entre un sistema y el usuario

**IONIC:** Es un framework, open source, el cual permite desarrollar aplicaciones híbridas multiplataforma.

**MATRIZ O/D:** Estas son utilizadas en el transporte, a través de esta se muestran los diferentes flujos en diferentes puntos de la vía.

**MOTOR DE BASE DE DATOS:** Es un servicio que permite almacenar y procesar datos.

**PYTHON:** Lenguaje de programación de propósito general.

**REQUERIMIENTO:** Son requisitos que reflejan las funcionalidades del sistema.

**REST:** Estilo de arquitectura de software.

**SISTEMA OPERATIVO:** Es el software principal, el cual gestiona los recursos del hardware.

**SOFTWARE:** Son todos los programas que hacen posibles tareas específicas.

**SQL:** Es un lenguaje que da acceso a un sistema de gestión de bases de datos los cuales son relacionales, además permite diferentes operaciones entre ellos.

**TRÁFICO:** Hace referencia al congestionamiento vehicular en las vías



## RESUMEN

En este trabajo de investigación se presenta un sistema semafórico preferencial para vehículos de emergencia, específicamente ambulancias, usando enfoques de IoT e ITS, para un sector de Bogotá usando un entorno simulado.

En la actualidad debido al gran crecimiento poblacional encontrado principalmente en las ciudades, la semaforización juega un rol cada vez más importante, ya que, al haber más personas, aumenta la cantidad de vehículos ya sean públicos o privados, esto conlleva a que sea necesario replantear el funcionamiento de los semáforos. En consecuencia, de lo anterior, se ha empezado a hablar de semaforización inteligente, la cual tiene en cuenta el volumen de flujo vehicular para hacer el cambio de luz.

Sin embargo, los vehículos de emergencia necesitan tener una prioridad al momento de atender un accidente, independientemente de la cantidad de vehículos que hallan en la vía, o el estado actual de uno o varios semáforos.

El sistema propuesto en este proyecto de grado pretende ayudar a disminuir los tiempos de respuesta de ambulancias hacia sus destinos de emergencia, con un sistema que cree un canal de comunicación entre estas y los semáforos.

**Palabras claves:** Simulación, sistema inteligente de transporte (ITS), Aplicaciones (Móviles/Web), Dispositivo IoT, enfoque SQL.

## **ABSTRACT**

In this research document a preemptive traffic light system will be introduced, specifically for ambulances, using an IoT and ITS approach, for a sector in Bogota, using a simulated environment.

Nowadays, due to the growth rate found mainly on cities, traffic lights play an increasingly important role, since with the increase in population, the number of vehicles also tends to grow, this means that the traditional way traffic lights work, need to be questioned. In consequence, recently there's been talk about smart traffic lights, which consider the volume of traffic flux before making a light change.

However, emergency responding vehicles need to have a priority when they have to take care of an accident, regardless of the amount of vehicles that might be present on the road, or the current state of the traffic light.

The proposed system of this graduate project will help reduce ambulances response times when reaching their emergency destinations, with the creation of a communication channel between the former and traffic lights.

Keywords: Simulation, intelligent transport system (ITS), Applications (Mobile/Web), IoT device, SQL approach.



## INTRODUCCIÓN

Como se mencionó anteriormente en el resumen, las ciudades experimentan crecimientos poblacionales bastante significativos, concretamente en la ciudad de Bogotá según el último censo con resultados publicados por el DANE, para 2005 la ciudad presentaba tres millones doscientos ochentaicinco mil setecientos ocho (3'285.708) habitantes, con un pronóstico a 2020 de cuatro millones sesentaicuatro mil seiscientos sesentainueve (4'064.669) habitantes, lo cual significa un incremento de casi un millón de personas<sup>1</sup>. Sumado a esto, según la secretaría distrital de movilidad de Bogotá, para 2015 se contaba con un total de dos millones diecisiete mil setecientos setentainueve (2'017.779) vehículos únicamente en el sector particular<sup>2</sup>, mientras que el RUNT para 2016 reporto dos millones doscientos treintaiocho mil seiscientos veintitrés (2'238.623) vehículos en la ciudad de Bogotá<sup>3</sup>, lo cual representa un incremento de aproximadamente el 10% en tan solo un año.

Además, el espectador reporto que, para finales de 2016, Bogotá contaba con mil trecientas cuarentaiocho (1.348) intersecciones<sup>4</sup>, lo cual representa en promedio cinco mil trecientos noventa y dos (5.392) semáforos en todas las intersecciones de la ciudad, lo cual lleva a que, en promedio un solo semáforo tenga a cargo a 415 vehículos.

Analizando los datos expuestos, no resulta impactante descubrir que Bogotá se encuentre dentro de las ciudades más trancadas del mundo<sup>5</sup>, ni que los tiempos en transporte público sean de los más altos de América Latina<sup>6</sup> con viajes promedio de 97 minutos.

---

<sup>1</sup> DANE, Proyecciones nacionales y departamentales de población 2005 – 2020, P. 48, [En línea] <[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20/7Proyecciones\\_poblacion.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/7Proyecciones_poblacion.pdf)>

<sup>2</sup> Secretaría de Movilidad Distrital de Bogotá, Movilidad en Cifras 2015, P. 14, [En línea] <[http://www.movilidadbogota.gov.co/web/SIMUR/ARCHIVOS/Movilidad\\_Cifras\\_2015\\_V4\\_marzo2017.pdf](http://www.movilidadbogota.gov.co/web/SIMUR/ARCHIVOS/Movilidad_Cifras_2015_V4_marzo2017.pdf)>

<sup>3</sup> Redacción Negocios y Economía, El parque automotor colombiano supera los 12'600.000 unidades, [En línea]

<<https://www.elspectador.com/noticias/economia/el-parque-automotor-colombiano-supera-los-12600000-unid-articulo-654036>>

<sup>4</sup> Redacción Bogotá, Renovar la red de semáforos, otra apuesta para mejorar la movilidad de Bogotá, [En línea]

<<https://www.elspectador.com/noticias/bogota/renovar-red-de-semaforos-otra-apuesta-mejorar-movilidad-articulo-668089>>

<sup>5</sup> Globalfleet, These are the 10 most congested cities in the world, [En línea]

< <https://www.globalfleet.com/en/features/these-are-10-most-congested-cities-world> >

<sup>6</sup> Moovit Insights, Datos y estadísticas de uso del transporte público en Bogotá, Colombia [En línea]

< [https://moovitapp.com/insights/es-](https://moovitapp.com/insights/es-419/Moovit_Insights_%C3%8Dndice_de_Transporte_P%C3%BAblico-762)

419/Moovit\_Insights\_%C3%8Dndice\_de\_Transporte\_P%C3%BAblico-762 >

Teniendo en cuenta todo lo anterior, queda claro que no solo los carros particulares y públicos sufren retrasos para llegar a sus destinos, los vehículos de respuesta a emergencias también se ven afectados, al utilizar las mismas vías y obedecer los mismos semáforos. Por lo tanto, es importante comunicar a estos dos para crear tiempos semafóricos preferenciales.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con lo expuesto en el apartado de introducción, puede deducirse que el ámbito general en el que se enmarca esta investigación son los ITS, concretamente en lo relacionado con la conexión entre semáforos y ambulancias.

Los sistemas de semaforización al no estar articulados a diversos escenarios sociales, siendo conformados por multitudes de sistemas y tecnologías presentan una carencia general en diversos aspectos clave como su interoperabilidad, su integración, su compatibilidad, su expansión y su escalabilidad. Esto se debe principalmente a que los fabricantes de tecnologías para de este sector, han tenido que crear sus propios sistemas y protocolos para poder ofrecer soluciones más o menos acordes con los servicios demandados en cada país. Lo anterior ha llevado a que la integración de tales sistemas con otros, o incluso, con los mismos sea bastante compleja y aislada, más cuando se trata de prestar servicios a los usuarios.

Por lo tanto, dichas soluciones han producido un escenario compuesto por multitud de sistemas de propósito específico (sistemas Ad-Hoc) y han provocado la creación de una gran cantidad de tecnologías a lo largo de la infraestructura de transporte que imposibilita la prestación adecuada de servicios a los usuarios. Tales sistemas son altamente dependientes entre sí y son difíciles de mantener en el tiempo por lo que resulta sumamente difícil incorporar nuevas tecnologías y nuevos servicios sin generar algún cambio que ocasione que los sistemas tengan que ser rediseñados. Una de estas soluciones específicas son los tiempos semafóricos, que en la ciudad de Bogotá se manejan de forma secuencial sin tener en cuenta ninguna variable más allá de los tiempos preprogramados en cada caja de control, impidiendo un flujo vehicular dinámico, y en consecuencia, impidiendo que vehículos de atención a emergencias lleguen a sus destinos en tiempos adecuados.

Por lo que se plantea el siguiente interrogante ¿Podrá el sistema IoT planteado reducir los tiempos de llegada de las ambulancias a sus destinos de emergencia?

### 1.1. HIPÓTESIS

Con un sistema que logre comunicar a vehículos de emergencia y semáforos en momentos acertados, sería posible reducir los tiempos de atención (entiéndase como lo que se demora un vehículo en llegar al lugar donde se le necesita, y

posteriormente de este lugar, trasladar a dicho individuo a un centro hospitalario donde puede ser atendido), en consecuencia, salvando vidas en el proceso.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Implementar de un sistema semafórico preferencial simulado para vehículos de emergencia usando enfoques de IoT e ITS.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el estado del arte referente al sistema de semaforización inteligente y cómo estos impactan en el tránsito de vehículos de emergencia.
- Diseñar el sistema de semaforización preferencial a partir de entornos simulados de tránsito usando para ello datos capturados desde dispositivos IoT.
- Desarrollar la arquitectura para el sistema de semaforización preferencial.
- Implementar el prototipo hacia el caso de estudio referente a los vehículos de emergencia
- Analizar los resultados del escenario de simulación en referencia a la integración de datos obtenida a partir de los dispositivos IoT.

## 3. MARCO REFERENCIAL

### 3.1. MARCO CONCEPTUAL

Con el fin de profundizar, este apartado introduce conceptos de: semaforización, ambulancias, ITS e IoT. Dado que estos temas son tan amplios, se subdividen en varios ítems que serán explicados a continuación.

**3.1.1 Semáforos:** Dispositivo de señalización el cual permite la regulación del tráfico de vehículos y peatones en las vías, se asigna el paso secuencialmente a través de las luces (Verde, Amarillo y Rojo) operadas por un control de tráfico electrónico.<sup>7</sup>

#### 3.1.1.1 Tipos de semáforos

- **Vehicular o para control de vehículos:** El objetivo es regular y controlar el tráfico Vehicular en las intersecciones, éste contiene 3 faros circulares (Verde, Amarillo y Rojo)<sup>7</sup>
- **Direccionales:** Se encarga de informar el momento adecuado para hacer el giro a la derecha o a la izquierda, éste contiene tres flechas (Roja, Amarilla, Verde).<sup>7</sup>
- **Peatonal:** El objetivo es controlar el paso de peatones, éste contiene dos faros circulares (Rojo y Verde).<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Secretaría distrital de tránsito y seguridad Vial. ¿Qué son los semáforos? Y ¿Cuál es su uso? [en línea]

<[http://www.barranquilla.gov.co/transito/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4144:que-son-los-semaforos-y-cual-es-su-uso&catid=8:semaforizacion](http://www.barranquilla.gov.co/transito/index.php?option=com_content&view=article&id=4144:que-son-los-semaforos-y-cual-es-su-uso&catid=8:semaforizacion)>

- **Semáforos intermitentes o de destello:** Es de color amarillo o rojo y se ilumina de manera intermitente se encuentra en lugares donde no se requiere el uso de semáforos para control de vehículos y permite llamar la atención de los conductores cuando se encuentran en una zona de peligro.<sup>7</sup>
- **Semáforos activados por el tránsito:** En este tipo de semáforos, la duración de las luces rojo y verde varían según las necesidades del tráfico, según lo registren los detectores de vehículos (sistema inteligente).<sup>7</sup>

**3.1.2 Ambulancia:** Vehículo de urgencias destinado al transporte de pacientes a un hospital o centro médico, en caso de que se haya sufrido un accidente o ataque agudo de una enfermedad grave.<sup>8</sup>

**3.1.2.1 Ambulancia Terrestre:** Vehículo identificado, el cual posee señales acústicas, visuales y está habilitado por la autoridad distrital de salud para la atención de emergencias en diversos contextos. El vehículo debe acogerse a la normativa establecida en el Código Nacional de Tránsito vigente.<sup>9</sup>

#### **3.1.2.1.1 Tipos de ambulancias Terrestres:**

Para la clasificación de este tipo de ambulancias se tiene la resolución 1439 de 2002 expedida por el Ministerio de Protección Social la cual divide en ambulancias de transporte asistencial Básico (TAB) y Ambulancia de Transporte Asistencial Medicalizado (TAM).

Las TAB son asignadas cuando no se necesita de un personal médico durante la atención de la emergencia, mientras que las TAM se asignan cuando el estado de salud del paciente está en riesgo por ende se necesita equipamiento especializado, y personal médico durante la atención y transporte de la emergencia.<sup>9</sup>

#### **3.1.2.1.2 Tipos de atención en ambulancias terrestres**

---

<sup>8</sup> Enciclopedia de salud. [en línea]<<http://www.encyclopediasalud.com/definiciones/ambulancia>>

<sup>9</sup> ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Proyecto de Acuerdo 54 de 2008 Concejo de Bogotá D.C., Bogotá D.C., [en línea]<<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=28788>>

Para simplificar los términos de ambulancias que se refieren a TAM o TAB, estos se usarán únicamente cuando sea pertinente para simplificar el texto.

Existen dos tipos de clasificación:

- **Primaria:** Este tipo de atención se realiza cuando la ambulancia atiende una emergencia o traslado desde el sitio en el que ocurre el accidente u ocurrencia hasta el centro asistencial de salud.<sup>9</sup>
- **Secundaria:** En este caso la ambulancia realiza el traslado o atención de un paciente debidamente controlado por un personal médico el cual se encuentra en un centro asistencial o un domicilio hasta otro centro médico.<sup>9</sup>

### 3.1.2.1.3 Movilización de las ambulancias

Se definen dos tipos de movilización:

- **Prioritario:** Aquí hay menor tiempo de desplazamiento lo cual contribuye en la atención oportuna del paciente, en este caso incluye desplazamiento desde que se recibe la solicitud hasta el lugar donde se necesita el servicio.<sup>9</sup>
- **No prioritario:** En este caso la ambulancia puede estar vacía o llevar un paciente a bordo, la velocidad no contribuye en la mejora del paciente.<sup>9</sup>

### 3.1.2.1.4 Identificación del tipo de movilización que efectúa una ambulancia.

Se definen dos tipos de movilización:

- **Movilización prioritaria:** La ambulancia está autorizada a usar señales visuales (luces de emergencia, balizas) y auditivas para su desplazamiento, además de usar altas velocidades.<sup>9</sup>

- **Movilización No prioritaria:** Sólo puede utilizarse señales visuales para su desplazamiento, no podrá usar altas velocidades.<sup>9</sup>

**3.1.3 Sistemas de Transporte Inteligente (ITS):** Es la integración de tecnologías de comunicación y electrónicas con el fin de minimizar los problemas de transporte terrestre.<sup>10</sup>

**3.1.3.1 Sistema de control de tráfico:** permite gestionar y sincronizar los semáforos de una ciudad de manera eficiente, sencilla y segura, utiliza las últimas tecnologías para controlar y configurar cada semáforo. ésta es una solución ideal para ordenar el tránsito en cualquier ciudad.<sup>11</sup>

**3.1.3.2 Captura y gestión de datos en tiempo real:** Disponer de sistemas inteligentes de captura de datos, facilitan en tiempo real la información actualizada. Se utiliza la última tecnología en dispositivos de captura de datos: Se necesita terminales conectado a TCP/IP, sistemas de radiofrecuencia y dispositivos inalámbricos.<sup>12</sup>

**3.1.3.3 sistema integral de captura de datos sobre el tráfico:** Es una herramienta que permite medir los puntos críticos, con sensores, permitiendo que se monitoree la red, esto permite disponer herramientas para situaciones futuras, para así mejorar el tráfico en la ciudad, además, tiene la capacidad de analizar e identificar las causas de las congestiones.<sup>13</sup>

**3.1.4 IoT:** Es un término que consiste en que todas las cosas tengan conexión a internet en cualquier momento y lugar. De manera técnica esto se puede expresar como la combinación de sensores y dispositivos colocados en objetos cotidianos, los cuales quedan conectados a internet a través de redes fijas e inalámbricas.<sup>14</sup>

---

<sup>10</sup> ESPINOZA Rocío. Sistemas inteligentes de transportes -ITS

<sup>11</sup> Sistema de control de tráfico. [en línea] < <http://www.sctvial.com>>

<sup>12</sup> Sistemas de gestión de tiempo. [en línea] < [http://www.iest.com/fotos/pdf/ap109\\_Produccion.pdf](http://www.iest.com/fotos/pdf/ap109_Produccion.pdf)>

<sup>13</sup> AGUIRRE. Javier, Kapsch TrafficCom Transportation. CAPTACIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL PARA LA GESTIÓN DE LA MOVILIDAD. [en línea] < [https://laboratorioaec.com/wp-content/uploads/2017/09/AECLab2\\_Javier-Aguirre\\_Kapsch.pdf](https://laboratorioaec.com/wp-content/uploads/2017/09/AECLab2_Javier-Aguirre_Kapsch.pdf)>.

<sup>14</sup> FUNDACIÓN DE LA INNOVACIÓN BANKINTER. El internet de las cosas en un mundo conectado de objetos inteligentes. [en línea] <[http://www.belt.es/expertos/imagenes/XV\\_FTF\\_El\\_internet\\_de\\_las\\_cosas.pdf](http://www.belt.es/expertos/imagenes/XV_FTF_El_internet_de_las_cosas.pdf)>



**3.1.4.1 RFID:** Son las siglas inglesas de Radio Frequency IDentification lo que en español significa Identificación por radiofrecuencia.

El propósito fundamental de la tecnología RFID es identificar mediante un lector, sin contacto y a distancia, una tarjeta o etiqueta (tag) portada por una persona, un vehículo en movimiento o cualquier producto que se encuentra en un almacén o en una cadena de producción automatizada.<sup>15</sup>

**3.1.4.2 Sensor:** Es un dispositivo capaz de detectar diferentes tipos de materiales, con el objetivo de mandar una señal y permitir que continúe un proceso, o bien detectar un cambio; dependiendo del caso que éste sea. Es un dispositivo que a partir de la energía del medio, proporciona una señal de salida que es función de la magnitud que se pretende medir.<sup>16</sup>

**3.1.4.3 Computación en la nube:** Es un paradigma que permite almacenar información en la nube (servidor en internet) y enviar la información a lugares temporales en los computadores, tablets, etc..<sup>17</sup>

**3.1.4.4 Seguridad Informática:** Se ocupa de proteger los recursos de un sistema informático (Información, Servicios, Arquitecturas).

Podemos entender como seguridad una característica de cualquier sistema (Informático o no) que nos indica que ese sistema está libre de todo peligro, daño o riesgo, y que es, en cierta manera, infalible.<sup>18</sup>

**3.1.4.5 Comunicación y Reproducción:** El proceso de comunicación de datos consiste en la transferencia de estos de un lugar a otro, donde serán utilizados o se procesarán de nuevo. Este proceso continúa hasta que la información llega al

---

<sup>15</sup> ¿Qué es RFID? [en línea] < <https://www.by.com.es/blog/que-es-rfid/>>

<sup>16</sup> Sensores y transductores. [en línea]  
<[http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm\\_Ch03\\_mfuentesm.pdf](http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf)>

<sup>17</sup> SOLANO Jaime. Computación en la nube. [en línea]  
<[http://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga\\_tec/article/viewFile/776/697f](http://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga_tec/article/viewFile/776/697f)>

<sup>18</sup> HERMOSO. Ramon, VASINARI. Matteo. Seguridad informática. [en línea]  
<<http://www.ia.urjc.es/cms/sites/default/files/userfiles/file/SEG-I/2012/introduccion.pdf>>

usuario. Cuando la recibe puede necesitar copiar o duplicar la información y esta tarea de reproducción la realiza una máquina.<sup>19</sup>

## **3.2. MARCO TEÓRICO**

En este apartado, se especifican los conceptos teóricos que hacen parte de los cuatro temas principales que se han mencionado a lo largo de todo el proyecto de grado.

**3.2.1 Sistemas Inteligentes de transporte:** “Surgen en la década de los años 90 como alternativa sostenible al problema generado por la creciente demanda de movilidad, especialmente en el ámbito urbano e interurbano. De esta manera, frente a las estrategias tradicionales -que pasan por un incremento de infraestructuras viarias y vehículos que pudieran conducir a niveles de insostenibilidad económica, espacial y medioambiental. Los ITS suponen una apuesta por la movilidad sostenible. Esto es, una apuesta por incrementar la movilidad sobre la base de mejorar la eficacia y eficiencia del transporte y proveer seguridad a los usuarios”.<sup>20</sup>

En la actualidad los sistemas de información enfocados en transporte están desempeñando un papel importante, puesto que está integrando nuevas tecnologías y creando nuevos servicios.

Si se tiene eficacia, eficiencia y seguridad y se combina información comunicación y tecnología en el transporte se adquiere una trascendencia, debido a que la tecnología de comunicación puede emitir información en cualquier lugar en tiempo real.

### **3.2.1.1 Soluciones ITS:**

---

<sup>19</sup> Informática conceptos fundamentales. [en línea]  
<<http://exa.unne.edu.ar/ingenieria/computacion/Tema1.pdf>>

<sup>20</sup> SEGUI, Pons; MARTÍNEZ, María; los sistemas inteligentes de transporte y sus efectos en la movilidad urbana e interurbana. 2004. p. 26. [En Línea] < <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-170-60.htm>> [Citado en abril 10 de 2018]

En ciudades grandes y medianas el manejo de tráfico es importante, es por esto que se empieza a hablar de carreteras inteligentes, son aquellas que tienen un sistema de información en tiempo real, las cuales permiten:”

- Regulación y control en los accesos.
- Captura de datos para medir intensidad, velocidad y la detección automática de incidentes.
- Control lineal de la vía.
- Control de entradas a la vía.
- Información de itinerarios.
- Auxilio en carretera.
- Peajes y control de la demanda.”<sup>14</sup>

Cuando se habla de movilidad es importante resaltar el concepto de matriz origen destino “Matriz O/D”.

**3.2.1.2 Matriz origen/destino:** Estas son utilizadas en el transporte puesto que a través de esta (manera gráfica) se puede ver los los diferentes flujos analizados, se representa los diferentes flujos de transporte que existen en los diferentes puntos (vías).

Analizando la matriz podemos decir que las filas son los puntos de origen, y las columnas los puntos de destino. En la intersección de cada una de estas se coloca el número de vehículos que va a pasar por esa vía.<sup>21</sup>

#### FIGURA 1. MATRIZ O/D

---

<sup>21</sup> Wikivia. [en línea] < [http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Matrices\\_origen-destino](http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Matrices_origen-destino)>

	940: centroide 3	944: centroide 4	Total
932: Centroide 1	100	200	300
942: centroide 2	100	300	400
Total	200	500	700

En la figura 1. se muestra la construcción de la matriz O/D, en este caso se evidencia que está la creación de 4 centroides y en la intersección de cada uno de ellos se le asigna la cantidad de vehículos (flujo vehicular) que irá en cada una de las vías.

**3.2.1.3 Incremento de los niveles de seguridad:** Los sistemas inteligentes de transporte se encargan de ayudar y prevenir accidentes y además de eso aportan soluciones para descongestionar las vías al mismo que tiempo que ayudan en la gestión integrada de emergencias.<sup>22</sup>

**3.2.2 Bases de datos relacionales:** Estas bases de datos están formadas por tablas, campos, relaciones entre tablas (Modelo de bases relacionar). Estas permiten la gestión y el almacenamiento de la información (crear, modificar, eliminar... etc.). A través de las filas y columnas se plasman situaciones de la vida real y almacenar la información correspondiente, crear las llaves principales y las llaves foráneas para mostrar las relaciones.<sup>23</sup>

**3.2.3 Tarjetas IoT:** Son computadores en una placa de bajo costo, estas van conectado a una pantalla y a un teclado, pueden estar conectadas con diversos sensores para simular el comportamiento de algo específico, además permiten grabar video en alta definición. Estas pueden ser la comunicación entre una simulación y aplicaciones sean móviles o webs.

**3.2.4 Sistemas embebidos:** Es un sistema que no es un computador, ni un servidor, ni una supercomputadora, ni un cluster distribuido, No es un sistema programable de propósito general.

<sup>22</sup> SEGUI, Pons; MARTÍNEZ, María; los sistemas inteligentes de transporte y sus efectos en la movilidad urbana e interurbana. 2004. p. 26. [En Línea] < <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-170-60.htm>>

<sup>23</sup> Amazon. [en línea] < <https://aws.amazon.com/es/relational-database/>>

Son dispositivos usados para controlar equipos, estos son una parte primordial del sistema.<sup>24</sup>

**3.2.5 Aplicaciones Híbridas:** Durante mucho tiempo las empresas han empezado a desarrollar aplicaciones híbridas. Estas aplicaciones son combinación entre una web como HTML, CSS y JavaScript, esto las hace una No nativas.<sup>25</sup>

**3.2.6 WebView:** “WebView es una aplicación proporcionada por Android a la que los desarrolladores tienen acceso a la hora de programar sus aplicaciones. ¿Cuántas veces habéis estado en una aplicación y en un cierto momento ha recurrido a una página de internet para, por ejemplo, realizar un pago? Pues eso es WebView, el navegador integrado en una aplicación.”<sup>26</sup>

**3.2.7 Programación por tiempos:** En este caso las señales del semáforo cambian según un ciclo establecido, esta programación no tiene en cuenta el volumen de tráfico en una vía, por ende, no contribuye a la disminución de congestión vehicular (Embotellamiento)<sup>27</sup>

**3.2.8 Programación Automática:** Aquí un controlador se encarga de realizar el cambio de luz para dar paso (luz verde) cuando hay demasiado flujo vehicular en las vías.<sup>28</sup>

---

<sup>24</sup> PEDRE. Sol. Sistemas embebidos. [en línea]

<[http://bug.dc.uba.ar/charladeborrachos/presentaciones/charla\\_2012-10-12.pdf](http://bug.dc.uba.ar/charladeborrachos/presentaciones/charla_2012-10-12.pdf)>

<sup>25</sup> Desarrollo de aplicaciones Híbridas con IONIC. [en línea] <<https://solidgeargroup.com/development-de-apps-hybridas-con-ionic?lang=es>>

<sup>26</sup> WebView, en otras palabras, el navegador interno de las aplicaciones Android [ en línea] <https://elandroidelibre.elespanol.com/2015/06/que-es-webview-y-por-que-tengo-que-actualizarlo.html> [citado en 12/04/2018]

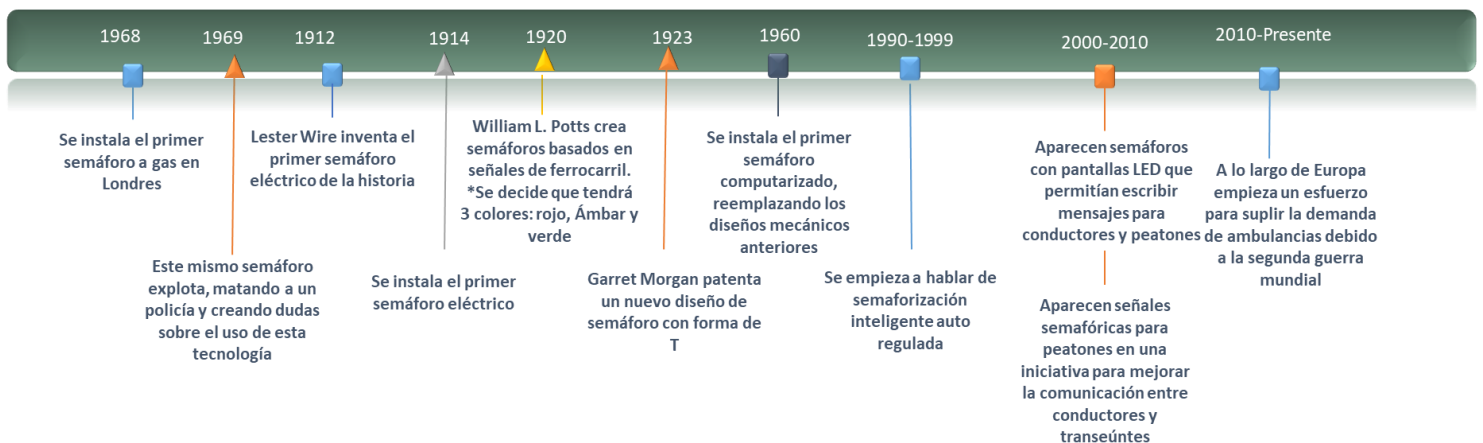
<sup>27</sup> PACHECO. Wilberto. ¿Cómo se programan los semáforos? [En Línea] <<https://www.vix.com/es/btg/tech/56996/como-se-programan-los-semaforos>>

### 3.3. MARCO HISTÓRICO

Como ya se mencionó a lo largo del documento, este proyecto de grado se sustenta en 4 pilares, que son semáforos, debido a que son los instrumentos tecnológicos que regulan el flujo del tráfico, ambulancias, actores principales de la solución propuesta, IoT, marco de referencia tecnológico sobre el que se trabajara, e ITS. Así que a continuación, se muestra la evolución de cada uno a lo largo del tiempo.

#### 3.3.1 SEMÁFOROS

FIGURA 2. LÍNEA DE TIEMPO SEMÁFOROS <sup>28</sup>

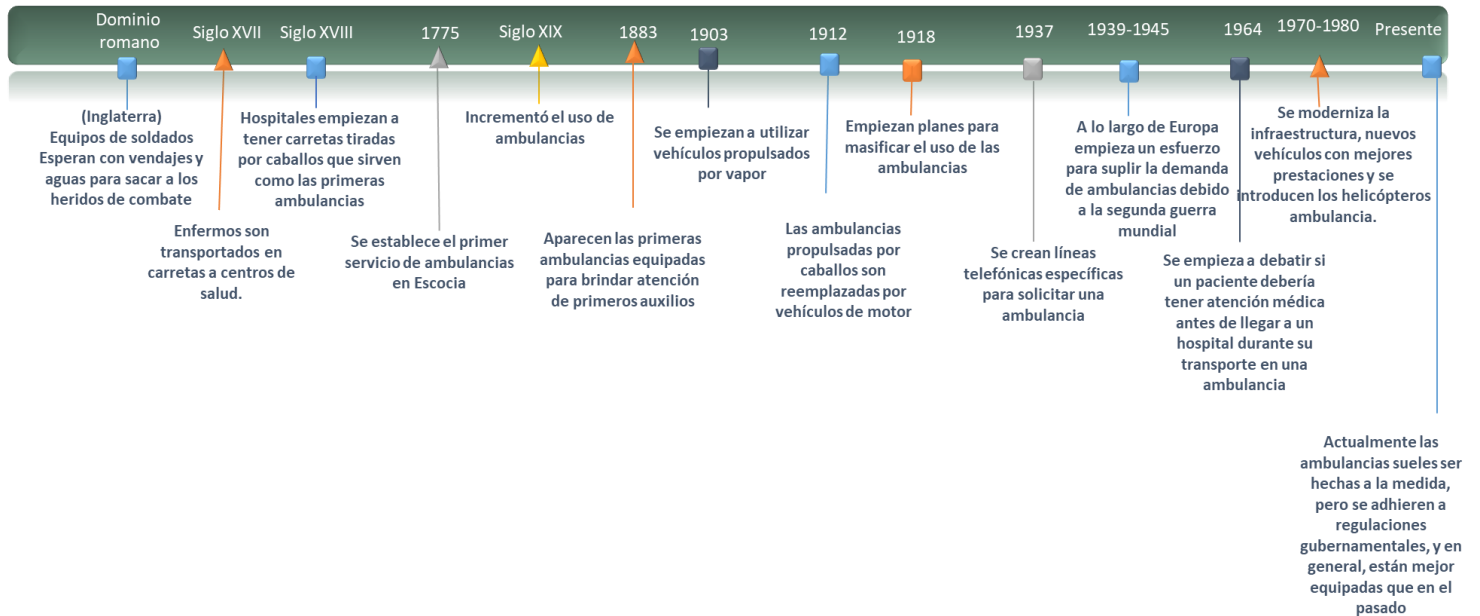


<sup>28</sup> Prezi, TRAFFICLIGHTS TIMELINE, Kierstin, Kihn, [En línea] < <https://prezi.com/q5bm3xsxufqq/trafficlights-timeline/> >

Timetoas, TRAFFIC LIGHT, [En línea] < <https://www.timetoast.com/timelines/traffic-light> >

### 3.3.2 AMBULANCIAS

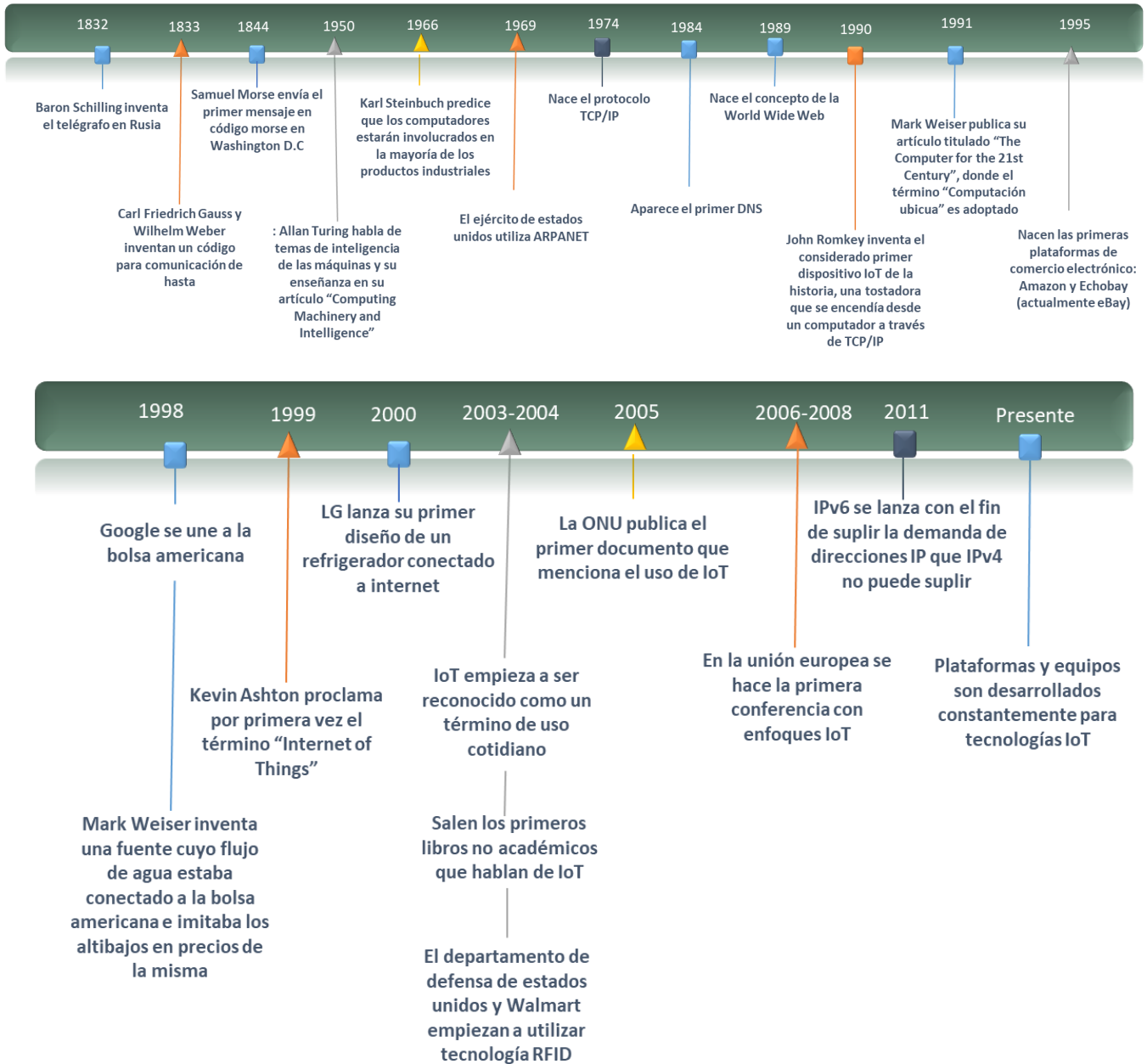
FIGURA 3. LÍNEA DE TIEMPO AMBULANCIAS<sup>29</sup>



<sup>29</sup> Liverpool Medical Institution, Department of Health, TIMELINE OF AMBULANCE DEVELOPMENT [En línea] < [http://www.evolve360.co.uk/lmi/LibraryAndArchives/RecentExhibitions/Ambulance\\_Intro/Timeline.aspx](http://www.evolve360.co.uk/lmi/LibraryAndArchives/RecentExhibitions/Ambulance_Intro/Timeline.aspx) >

### 3.3.3 IoT

FIGURA 4. LÌNEA DE TIEMPO IoT<sup>30</sup>

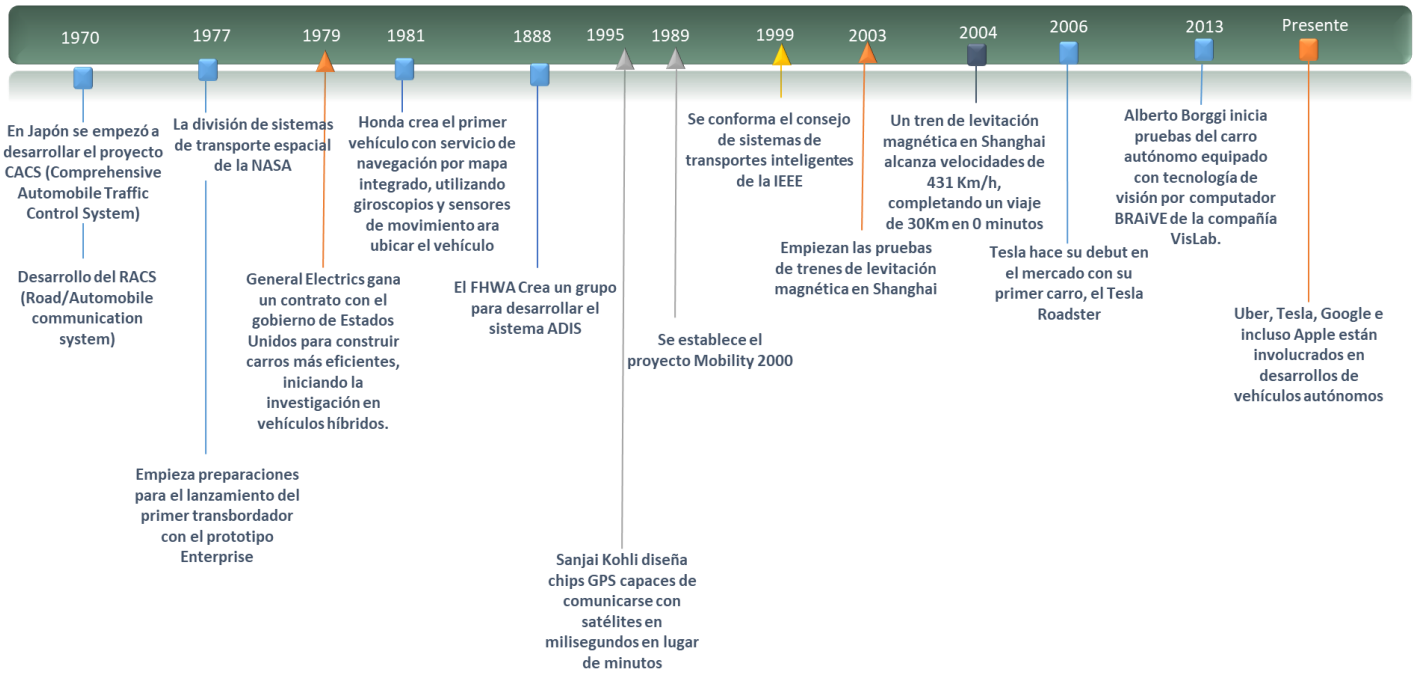


### 3.3.4 ITS

<sup>30</sup> POSTCAPES, Internet of Things (IoT) History [En línea] < <https://www.postscapes.com/internet-of-things-history/> >



**FIGURA 5. LÍNEA DE TIEMPO ITS** <sup>31</sup> <sup>32</sup>



<sup>31</sup> THE INSTITUTE, Timeline: Tracing Transportation Development, [En línea] < <http://theinstitute.ieee.org/tech-history/technology-history/timeline-tracing-transportation-developments>>

<sup>32</sup> HERRERA, Luis. Modelo de prestación de servicios ITS de valor agregado, [En Línea] < [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18417/1/Tesis\\_Herrera.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18417/1/Tesis_Herrera.pdf)>

#### 4. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Esta investigación se fundamenta al detectar un problema en la ciudad de Bogotá, la demora en los tiempos de respuesta por parte de ambulancias cuando ocurre algún tipo de accidente, ocasionando pérdida de vidas humanas.

En el pasado (y presente) se han implementado varias soluciones a este mismo problema. Tal vez la más conocida es "*Opticom system*" en Estados Unidos, donde vehículos de emergencia (ambulancias, carros de policía, bomberos, etc.) son equipados con una "linterna" especial de luz infrarroja que parpadea en ciertos intervalos para "comunicarse" con semáforos y poder pasar sin problemas de tráfico pesado debido a una luz roja.

La diferencia entre el sistema mencionado y el propuesto es que se tendrá un mayor control sobre los eventos que ocurran sobre los semáforos, pues estarán respaldados por bases de datos y un módulo de administración que verán los cambios en tiempo real para ser corroborados. Además, se contará con un sistema de verificación de emergencias, para de esta forma asegurar que no se podrán hacer cambios a semáforos a menos que sea necesario y esté justificado.

Sumado a esto, otro fundamento para la existencia de este trabajo es especialmente crear un modelo que pueda llevarse a la realidad para poder disminuir el tiempo que se demora una ambulancia en ser despachada, recoger a un paciente, y dejarlo en un centro médico. Y de esta forma ayudar a disminuir la tasa de mortalidad que se ve hoy en día debido a complicaciones en el transporte oportuno de los pacientes.

## 5. ALCANCES Y LIMITACIONES

Si bien existen muchos factores que influyen la llegada de una ambulancia de un punto A hacia otro B (estado de las vías, condiciones climáticas, infraestructura del sitio donde se encuentre el vehículo y la persona afectada, etc.) para esta investigación se tendrá en cuenta únicamente el factor de densidad vehicular y la relación de esta con el control de semáforos (obviando el control de semáforos peatonales), que se verá reflejado en una simulación que estará conectada a una aplicación de administración para hacer un monitoreo en tiempo real de ambulancias, semáforos y tiempos de respuesta (tanto el delta de tiempo entre la hora en la que se reporta una emergencia vs cuando se recoge al paciente, como el tiempo desde que se recoge al paciente vs cuando se deja en un hospital en manos de personal médico).

## **6. METODOLOGÍA**

Para este proyecto se utilizará una modalidad de proyecto teórico práctico, donde se hará una investigación de preámbulo para verificar los antecedentes, posibles orígenes del problema, soluciones propuestas, para posteriormente proponer una nueva forma de aliviar el problema.

### **6.1 Método Científico**

#### **6.1.1 Planteamiento del problema**

Se redactará de forma formal la problemática que se presenta con la solución que se propone (tardanza en tiempos de respuesta de ambulancias y sistema de semaforización inteligente respectivamente).

#### **6.1.2 Formulación de la hipótesis**

Se espera reducir el tiempo de respuesta de ambulancias ante emergencias.

#### **6.1.3 Análisis e interpretación de datos**

Una vez organizada la información, se procederá a analizar su significado y a modificar o mejorar la propuesta donde sea pertinente.

#### **6.1.4 Comprobación de la hipótesis**

Con base en las soluciones que ya se han propuesto e implementado en este mismo tema, se analizarán los resultados y se verificará la veracidad de la hipótesis previamente planteada

### **6.1.5 Difusión de resultados**

Una vez finalizada la investigación, se publicarán los resultados para que sean utilizados y referenciados en futuros trabajos que traten temas similares o relacionados con el aquí expuesto.

## **6.2 Investigación Cualitativa**

### **6.2.2 Exploración de la situación**

Dependiendo de la información recolectada en los ministerios, y las entrevistas a los conductores de ambulancias, se creará una jerarquía de problemas a resolver y se delimitará más formalmente el alcance real del proyecto.

### **6.2.3 Recolección de datos cualitativos**

Primero se debe investigar los conceptos del tema principal del proyecto (IoT/ITS), después se analizará la parte teórica de la problemática, luego tratar de recolectar datos del mundo real para responder la pregunta planteada.

### **6.2.4. Organización de la información**

En base a la información obtenida, se organizarán los resultados dependiendo del grado de importancia y pertinencia que tenga un módulo sobre el problema.

### **6.2.5 Análisis e interpretación de los datos**

Documentar las entrevistas, observaciones e información obtenida durante el día de trabajo de campo para posteriormente organizar y corroborar la validez los datos

### **6.2.6 Conceptualización inductiva**

Se analizarán los resultados de todo el proceso de recolección de datos para separar los sucesos reales de los accidentales, es decir saber que realmente es

un problema y que es un caso aislado sin conexión al ámbito que se trata en este proyecto.

## 7. INSTALACIÓN Y EQUIPOS REQUERIDOS

**TABLA 1. EQUIPOS REQUERIDOS**

Equipo	Requerimiento	Detalle
Equipos portátiles	<ul style="list-style-type: none"><li>● 6 GB RAM</li><li>● Intel Dual Core 1.6GHz</li><li>● x86_64</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Entorno de desarrollo</li><li>● Consumidor de información</li></ul>
Dispositivos móviles	<ul style="list-style-type: none"><li>● Android 6.1 Marshmallow</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Consumidor de información</li></ul>
Dispositivos embebidos	<ul style="list-style-type: none"><li>● Soporte de python</li><li>● Soporte servicios REST</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Recolector y procesador de datos</li></ul>

Fuente: los autores

- Entorno de desarrollo para aplicación móvil: Ionic
- Versiones de sistemas operativos: Windows 10 Pro 64 bits/ Ubuntu 16.04 64 bits
- Versión de sistema operativo de sistemas embebidos: Raspbian Jessie
- Gestor de documentos en línea: Google Drive
- Repositorio de código: GitHub
- Editor de documentos: MS Word Office 365 (2016)

## 8. PRESUPUESTO

**TABLA 2. TALENTO HUMANO**

<b>Concepto</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Costo (horas)</b>	<b>Subtotal</b>
Investigación	96	\$9764.525	\$973.490,4
Documentación	150	\$9764.525	\$1'464.678,75
Diseño	25	\$9764.525	\$244.113,125
Desarrollo	192	\$9764.525	\$1'874.788,8
Total	463		\$4'556.791,075

Fuente: los autores

**TABLA 3. EQUIPO DE COMPUTO**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (mes)</b>	<b>Costo (mes)</b>	<b>Subtotal</b>
Portátil	2	4	\$1'000.000,00	\$4'000.000,00
PC	1	4	\$2'000.000,00	\$500.000,00
Total	4	20	\$3'000.000,00	\$4'500.000,00

Fuente: los autores

**TABLA 4. SERVICIOS**

<b>Concepto</b>	<b>Tiempo(mes)</b>	<b>Costo(mes)</b>	<b>Subtotal</b>
Internet	24	\$112.900,00	\$4'741.800,00



Energía	12	\$137.914,00	\$1'655.292,00
Total	36	\$250.814,00	\$6'397.092,00

Fuente: los autores

## 9. ESTADO DEL ARTE

El presente capítulo tiene como objetivo la realización del estado del arte, perteneciente a la propuesta general, resultando así fundamental para abordar de forma adecuada el problema de investigación. La bibliografía que será revisada expone de forma coherente los trabajos y las últimas investigaciones que tienen alta similitud con el área en la que se enmarca este trabajo.

La mayor área con la que se ve identificada la propuesta es los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), concretamente en la parte de semaforización inteligente

En este sentido, en este capítulo serán analizadas las principales temáticas que forman parte del objeto de estudio con el fin de situar de forma adecuada el problema de investigación.

Es importante destacar que los ITS es un área bastante extensa y compleja y por esta razón, se abordará de forma general las temáticas más relevantes que contribuyan a la prestación de servicios en el escenario de los ITS.

Dentro de la bibliografía que será analizada, se han recogido cuatro temáticas fundamentales que resultan imprescindibles para el desarrollo de la propuesta y son: Semaforización inteligente, ambulancias, ITS e IoT. De tales temáticas, nuestro objetivo es extraer los parámetros más representativos, que contribuyan a la desarrollar nuestra hipótesis de solución.

Aquí se muestran las propuestas y desarrollos estudiados:

- Smart traffic light control system: es una propuesta que consiste en integrar una tarjeta Raspberry Pi Modelo B conectada al sistema central del vehículo (medidores de velocidad, revoluciones, gasolina, gas, Diesel, etc.) para servir como un cerebro central y hacer un vehículo híbrido (inteligente y tradicional). Con este sistema, el vehículo se comunica con torres de comunicación mediante protocolo GSM que a su vez se comunican con servidores centrales que procesan la información recolectada por la Raspberry, con esta información, (y asumiendo que otros vehículos tienen

este mismo sistema) se verifica el tráfico para dar una ruta óptima que consume la menor cantidad de combustible y tiempo.<sup>33</sup>

- Intelligent traffic signal control system for ambulance using RFID and cloud: es una propuesta de semaforización inteligente para ambulancias donde los conductores de ambulancias tienen un sistema híbrido, un teléfono inteligente con una aplicación y un sistema RFID, el propósito de ambos es el mismo: comunicarse con el semáforo que los está afectado para cambiar el color de este de rojo a verde y poder asistir emergencias de forma más eficiente. La idea de los dos medios de comunicación es que al fallar uno, el otro sirva de respaldo, es decir que, si el emisor RFID se daña por cualquier razón, la aplicación móvil sigue en funcionamiento, y viceversa. Otro aspecto del proyecto es que al terminar el nuevo ciclo generado cuando la ambulancia activa el sistema, el semáforo debe regresar a su programación original.<sup>34</sup>
- Quito: En Ecuador ya hay un sistema de semaforización inteligente que en 2014 se propuso estar implementado en al menos 600 intersecciones, meta que al día de hoy fue cumplida y sigue avanzando. Esta implementación está basada en procesamiento de imagen a través de cámaras colocadas en cada semáforo que miden la densidad de tráfico de cada parte de la intersección para darle mayor prioridad a la subsección que tenga mayor cantidad de vehículos y dar un paso más equitativo. Además de esto también se cuenta con una oficina central que está siendo constantemente monitoreada por trabajadores que están encargados de asegurarse que todo fluya como debe, reportar daños y posibilidades de mejora.<sup>35</sup>
- Smart Autonomous Traffic Light Switching by Traffic Density Measurement through Sensors: es un Proyecto del Panimalar Engineering College de India, donde se hace un conteo de vehículos a través de sensores infra rojo de la siguiente manera: se colocan hileras de receptores IR (infra rojo) en el pavimento en cada carril de una intersección, a su vez, se colocan emisores IR en la parte de abajo de vehículos, de tal forma que al pasar un carro por la vía, se recibe una señal del emisor al receptor, esta señal se transforma en un contador que lleva la cuenta de cuantos carros hay en la vía. Esto

---

<sup>33</sup> Bilal Ghazal, Khaled ElKhatib, Khaled Chahine, Mohamad Kherfan, Smart Traffic Light Control System, [En línea] < <https://ieeexplore.ieee.org/document/7470780/> >

<sup>34</sup> B. Janani Saradha, G. Vijatshri, T. Subha. Intelligent traffic signal control system for ambulance using RFID and cloud, [En línea] < <https://ieeexplore.ieee.org/document/7972255/> >

<sup>35</sup> EPMMOP, Hacia una movilidad inteligente en la ciudad de Quito, [En línea] < [https://www.schneider-electric.com.co/documents/local/xperience-efficiency/Hacia\\_una\\_movilidad\\_inteligente\\_en\\_la\\_ciudad\\_de\\_Quito.pdf](https://www.schneider-electric.com.co/documents/local/xperience-efficiency/Hacia_una_movilidad_inteligente_en_la_ciudad_de_Quito.pdf) >

mismo se hace en todos los puntos de una intersección, una vez se tenga el conteo de todos los vehículos por vía, se ordenan de mayor a menor, y se empiezan a hacer cambios de luces semafóricas dándole prioridad a las primeras vías que aparezcan en la lista ordenada.<sup>36</sup>

- Red-Signal Delay Scheme to Prevent Vehicle Accidents at the Intersection: en esta propuesta, se crea un Sistema de prevención de accidentes en intersecciones vehiculares, específicamente en las que existen giros a la izquierda de una vía a la otra. El sistema funciona posicionando cámaras en los semáforos de donde parte un vehículo que va a girar a la izquierda, los videos capturados son sometidos a análisis de imagen para reconocer la velocidad de cada vehículo, y dependiendo de su velocidad y su ubicación, se hacen cambios a los semáforos para evitar accidentes al momento de cambiar de una vía a otra.<sup>37</sup>
- Smart Traffic Lights Switching and Traffic Density Calculation using Video Processing: en este paper, se propone e implementa un Sistema basado en procesamiento de imagen que funciona de la siguiente manera: en una intersección de 4 vías, se coloca una cámara en cada semáforo, la imagen de cada cámara se corta para abarcar solo la vía que afecta el semáforo correspondiente, posteriormente se pasa la imagen a blanco y negro (para bajar la intensidad del procesamiento de imagen) y se provee una imagen de la vía vacía que servirá como referencia. Una vez todo este listo, el sistema empieza a capturar video de las vías de la intersección y mediante procesamiento de imagen, se hace un conteo de carros cuadro por cuadro para obtener la cantidad de vehículos que hay en toda la intersección, y posteriormente hacer un cálculo de la densidad vehicular (más no de vehículos individuales) para hacer los cambios semafóricos dependiendo de este cálculo.
- Cyber-Physical Smart Traffic Light System: En este paper se crea una simulación de una intersección basada en teoría de grafos, donde cada parte dentro de la intersección representa un nodo, las vías las aristas, y los carros representan los pesos de las aristas, (también tienen en cuenta costo de combustible y tiempo requerido para terminar un viaje). Teniendo

---

<sup>36</sup> Y M Jagadeesh, G Merlin Suba, S Karthik, K Yokesh, Smart Autonomous Traffic Light Switching by Traffic Density Measurement through Sensors, [En línea] < <http://ieeexplore.ieee.org/document/7562885/>>

<sup>37</sup> Mi-hye Lee, Sun-young Im, Beyeong-uk, Byeong-hee Roh, Bo-mi Kim, Red-Signal Delay Scheme to Prevent Vehicle Accidents at the Intersection, [En línea] < <http://ieeexplore.ieee.org/document/7182540/>>

en cuenta los datos recolectados inicialmente, se calcula un lugar optimo para colocar un sensor en la vía (este sensor se comunicará posteriormente con su respectivo semáforo para hacer cambios de luz). Una vez colocado el sensor, este tomara la velocidad de los vehículos que pasen sobre él, estos datos se enviaran al semáforo, y se calculara el tiempo ideal para iniciar cambios de luces semafóricas en la intersección.<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> Dietman P. F. Möller, Aline, Xavier Fidencio, Eduardo Cota, Isabell Alexandra Jehle, Hamid Vakilzadian, Cyber-Physical Smart Traffic Light System, [En línea]  
< <http://ieeexplore.ieee.org/document/7293395/>>

## 10. PROPUESTA

A continuación, se explica el escenario de los ITS que se muestra en la figura n. En este escenario se ve una ambulancia frente a un semáforo que le da el paso al acercarse, también se genera una ola verde en el sentido de la ambulancia.

En este escenario, intervienen tres actores, las ambulancias, los semáforos, y las emergencias, ya que idealmente, una ambulancia no puede generar una ola verde si no se encuentra respondiendo a una emergencia.

**FIGURA 6. ESCENARIO**



Por tal motivo, se plantea la creación de un sistema semafórico preferencial con enfoques en IoT e ITS para ambulancias.

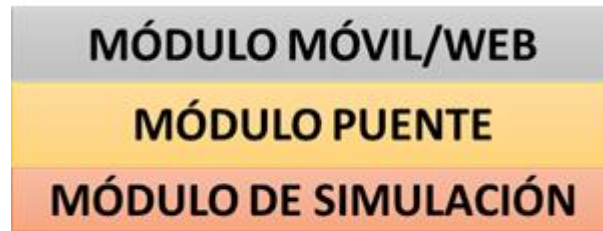
### 10.1. Descripción general del sistema

El sistema se construye con 3 módulos interconectados mediante servicios web. Cada uno de estos módulos tiene una tarea específica que será descrita a continuación (ver imagen n):

---

<sup>39</sup> Paraguay, Implementarán semáforo inteligente con tecnología local, [En línea]  
<<http://www.paraguay.com/nacionales/implementaran-semaforo-inteligente-con-tecnologia-local-95912>>

**FIGURA 7. MÓDULOS DEL SISTEMA**



**Fuente:** los autores

**FIGURA 8. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA**



- Módulo móvil/web: Tiene la función de monitorear en tiempo real tres factores principales: ambulancias, semáforos y emergencias. Esto para tener una forma de vigilar que el sistema se esté comportando de forma adecuada y llevar un registro.
- Módulo simulado: Tiene la función de generar una simulación de tráfico vehicular, donde se muestre que una ambulancia, al llegar a un semáforo, pueda hacer el cambio de luz dependiendo de si existen o no emergencias que deban ser atendidas.
- Módulo puente: Tiene la función de crear un puente de comunicación entre los otros dos módulos. Para lograr esto, se utilizará un elemento IoT de bajo consumo de energía.

## **10.2. Diseño del sistema**

El sistema está diseñado de tal forma que los 3 módulos mencionados previamente se estén comunicando de forma constante de la siguiente manera:

Se asume que existen emergencias, o serán generadas desde otra aplicación distinta a la expuesta en este documento (algún centro de atención de emergencias como el 123). Estas emergencias son capturadas por el módulo puente, que a través de servicios web envía esta información tanto al módulo de simulación como al móvil/web. En el primero, se genera un destino para las ambulancias que existan en ese momento dentro de la simulación, mientras que, en el segundo, se crea un nuevo marcador en un mapa y una nueva entrada en la base de datos que puede ser monitoreada.

Una vez exista la emergencia en todos los módulos, las ambulancias tomarán un camino para llegar a la ubicación de la misma (esta será enviada al puente, y luego al móvil/web), permitiendo que también sea monitoreada en el sistema y, por último, al coger un camino, este tendrá semáforos que serán cambiados automáticamente para permitir el paso de las ambulancias (estos también serán monitoreados al pasar los datos del puente al móvil/web).

## **10.3. Usuarios**

Este sistema solo tiene un tipo de usuario que son los administradores, ya que el módulo puente tiene una función de servidor, el módulo de simulación no tiene usuarios, y el módulo móvil/web está diseñado únicamente para monitoreo de zonas (en este caso caracas desde la calle 40 a la calle 45), por lo tanto, no está pensado para uso de cualquier persona, únicamente usuarios que sean administradores.



## 11. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

A lo largo de este capítulo, se detallará la arquitectura del sistema. Primero se hablará del módulo web/móvil y posteriormente del módulo puente. En general el sistema seguirá el siguiente diagrama de despliegue.

### 11.1. MÓDULO MÓVIL/WEB

Este módulo al ser el encargado del monitoreo del sistema tiene que estar comunicado con una base de datos externa. Al mismo tiempo, al ser netamente orientado a monitoreo, no podrá hacer cambios a la base de datos (más allá del cambio de contraseña del usuario que esté logueado).

Dentro de las funcionalidades esperadas del sistema, se encontraron los siguientes requerimientos funcionales

**TABLA 5. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES**

<b>Requerimiento</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Prioridad</b>
Iniciar sesión (001)	Un usuario (existente en la base de datos) debe poder ingresar sus datos para registrarse.	Intermedia
Crear usuario (002)	Un usuario no registrado, (pero empleado de la compañía de monitoreo), debe poder crear un usuario para acceder a las funcionalidades de la aplicación.	Intermedia
Ver ambulancias (003)	Un usuario que existe en la base de datos y ha	Alta

	ingresado al sistema, puede ver una lista con las ambulancias activas en el momento.	
Ver detalle ambulancias (004)	Un usuario que existe en la base de datos y ha ingresado al sistema, puede seleccionar una ambulancia de la lista del requerimiento 003 para ver en mayor detalle su información	Alta
Ver semáforos (005)	Un usuario que existe en la base de datos y ha ingresado al sistema, puede ver una lista con los semáforos activos en el momento.	Alta
Ver detalle semáforos (006)	Un usuario que existe en la base de datos y ha ingresado al sistema, puede seleccionar un semáforo de la lista del requerimiento 005 para ver en mayor detalle su información	Alta
Ver emergencias (007)	Un usuario que existe en la base de datos y ha ingresado al sistema, puede ver una lista con las emergencias activas en el momento	Alta
Ver detalle emergencia (008)	Un usuario que existe en la base de datos y ha ingresado al sistema, puede seleccionar una emergencia de la lista del requerimiento 007 para ver en mayor detalle su información	Alta

De estos requerimientos funcionales, se sacaron los siguientes casos de uso

**TABLA 6. CASOS DE USO**

<b>Caso de uso</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Actores</b>
Registro de un usuario	Un usuario debe de estar en la capacidad de registrarse, si ya se encuentra registrado, debe poder iniciar sesión para acceder a las funcionalidades del sistema, y también debe poder cambiar su clave	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Usuario registrado</li> <li>● Usuario no registrado</li> </ul>
Monitoreo de emergencias	Un usuario ya existente y autenticado, puede ver una lista de emergencias que también ya deben existir. Si el usuario lo desea, puede seleccionar una emergencia para verla a mayor detalle, una vez termine, puede regresar a la lista de emergencias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Usuario registrado y autenticado</li> </ul>
Monitoreo de semáforos	Un usuario ya existente y autenticado, puede ver una lista de semáforos que también ya deben existir. Si el usuario lo desea, puede seleccionar un semáforo para verlo a mayor detalle, una vez termine, puede regresar a la lista de semáforos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Usuario registrado y autenticado</li> </ul>
Monitoreo de ambulancias	Un usuario ya existente y autenticado, puede ver una lista de ambulancias	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Usuario registrado y autenticado</li> </ul>

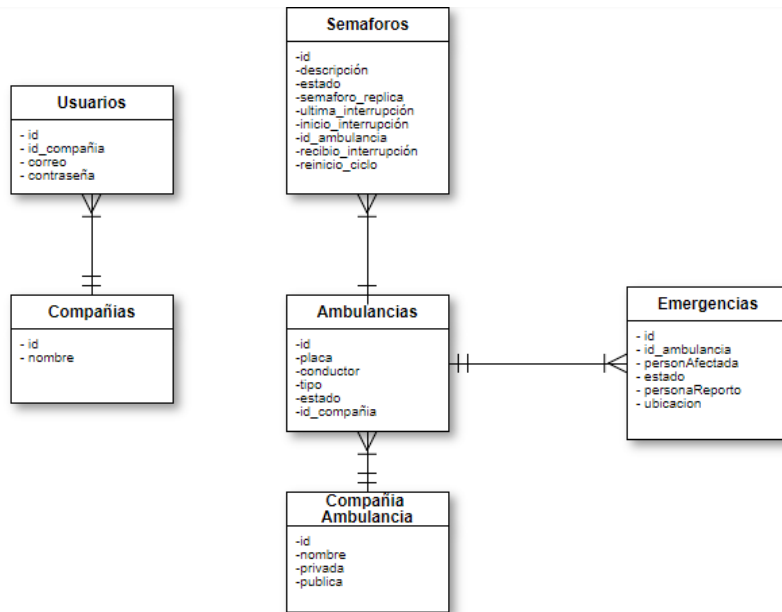
	<p>que también ya deben existir. Si el usuario lo desea, puede seleccionar una ambulancia para verla a mayor detalle, una vez termine, puede regresar a la lista de ambulancias.</p>	
--	--	--

Los diagramas y especificaciones de tanto casos de uso como requerimientos funcionales, se encuentran en la sección de Anexo B y Anexo C.

### 11.2. MÓDULO PUENTE.

El módulo puente será el encargado de manejar la base de datos, la cual será relacional y seguirá el siguiente diagrama MER.

**FIGURA 9. MODELO ENTIDAD RELACIÓN**



## 12. ELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

Como ya se mencionó anteriormente, este proyecto consta de 3 módulos. Por lo tanto, cada uno de esta demanda una decisión sobre cuál tecnología será utilizada para su desarrollo, así que a continuación se especificara como fue el proceso de elección para cada uno.

Módulo móvil/web: este fue tal vez el más extenso de todos los módulos, pues al ser un campo tan esencial actualmente, las opciones eran bastantes, sin embargo, para efectos de simplicidad se redujo a dos opciones, y cada opción con sub-opciones. La primera son los lenguajes nativos de cada dispositivo (es decir desarrollar una versión para Android en Java, iOS en Swift/Objective-C, y opcionalmente Windows Phone en C#). La segunda son lenguajes que permitan desarrollar aplicaciones híbridas (con un mismo código se hacen aplicaciones para cada plataforma). A continuación, se hará un breve resumen de cada sub-opción:

### 12.1. Lenguajes nativos

- **Java:** este es el lenguaje nativo de la plataforma Android, la gran ventaja de esto es la optimización que existe entre la plataforma y el lenguaje de programación. Otra ventaja es el conocimiento de este lenguaje por parte de los autores, ya que es uno de los que más han usado a lo largo de su recorrido académico. Sin embargo la mayor desventaja que representa utilizar esta opción es principalmente que el código servirá únicamente para Android,iOS y WP (Windows Phone para abreviar) necesitan su propio desarrollo aparte. (Esta desventaja es cierta para todos los lenguajes nativos que se consideraron. Así que, para evitar redundancia, no se volverá a mencionar).
- **Swift/Objective-C:** son los 2 lenguajes nativos de la plataforma iOS, siendo Swift el más moderno de los 2 (utilizado en general desde el lanzamiento de iOS 6). A diferencia de Java, los autores no poseen conocimiento de ninguna de las 2 opciones existentes para estos dispositivos, lo que implicaría una carga de aprendizaje bastante cara en tiempo.
- **C#:** este es el lenguaje de desarrollo para plataformas basadas en Windows, posee una sintaxis parecida a la de Java (al ser uno de sus

principales rivales), y esto mismo es cierto en muchos aspectos del lenguaje. Sin embargo, el uso de esta herramienta complica el desarrollo al estar obligados a utilizar Windows como sistema operativo para utilizar herramientas Microsoft. Pues si bien esta compañía se ha ido abriendo poco a poco al mundo abierto, aún son muy proteccionistas con el desarrollo en sus lenguajes de programación.

En conclusión, la opción de desarrollo en lenguajes nativos no es muy viable para este proyecto, pues sería posible hacer una aplicación para Android, pero iOS y WP tendrían que ser removidos como opciones debido al tiempo que tendría que ser invertido en el aprendizaje de dos lenguajes de programación, y en desarrollo una vez se tenga el conocimiento técnico necesario.

## 12.2. Lenguajes Híbridos

- Xamarin: esta es la respuesta de Microsoft al ver los costos de desarrollo para múltiples plataformas. La gran ventaja de esta opción es que con una sola base de código (en su mayor parte) se obtienen 3 aplicaciones (Android, iOS y WP), lo cual ahorra el tiempo de aprendizaje de un lenguaje, pero aún existe el tema de C# como entorno de desarrollo, otra desventaja es que esta opción demandará el uso de múltiples entornos de desarrollo. Esto debido a que, para el funcionamiento de la versión del código para iOS, es necesario un computador Mac (ninguno de los autores tiene uno a disposición), y otro computador con Windows 10 (para la versión de WP).
- Ionic: este es un marco de trabajo basado en Angular (tanto JS como versiones posteriores) para desarrollo híbrido. La gran desventaja de esta opción es el uso de WebViews. A diferencia de Xamarin, Ionic genera páginas web responsivas (se ajustan al tamaño de la pantalla de un dispositivo) y progresivas (se comportan como una aplicación), con un contenedor extra que lleva a estas páginas a un ejecutable compilado para cada plataforma, lo cual permite que una aplicación sea subida a la tienda de cada dispositivo. Sin embargo, al tratarse de componentes web, la aplicación termina siendo ejecutada por el mini navegador web de cada dispositivo (el navegador que se abre cuando se le da tab a un link dentro de una aplicación), lo cual compromete la velocidad de ejecución de la aplicación. Sin embargo, la gran ventaja que tiene esta opción es la flexibilidad que ofrece: al estar basado en Angular, es posible desarrollar en un sistema operativo MacOS, Windows o Linux sin ningún problema, ya que Ionic está disponible para todas las plataformas. Además, al ejecutarse en

el mini navegador de cada dispositivo, es posible probar el programa en un navegador web de un computador (a diferencia de Xamarin donde se necesitaba prácticamente un computador por versión). Y finalmente, los lenguajes necesarios son los mismos que se utilizan en desarrollos web (HTML, CSS, TS), lenguajes en los que los autores tienen experiencia.

Por lo tanto, teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente, Ionic fue escogido como plataforma de desarrollo para el módulo móvil/web.

### **12.3. Simulación de Tráfico**

Este módulo fue el más sencillo de escoger, ya que, al tratarse de software especializado, el costo de las licencias es algo a lo que los autores no estaban en la capacidad de adquirir, por lo tanto, se utilizó el simulador que la Universidad Piloto de Colombia desde la facultad de Ingeniería de Sistemas de la escuela TIC provee. Es así que se utiliza Aimsun para el tercer y último módulo.

Sin embargo, vale la pena mencionar que Aimsun no es el único simulador de tráfico que existe,

## **13. IMPLEMENTACIÓN**

En esta sección se abordarán los pasos que se siguieron para el desarrollo de los 3 módulos planteados en la propuesta.

### **13.1 Primer acercamiento**

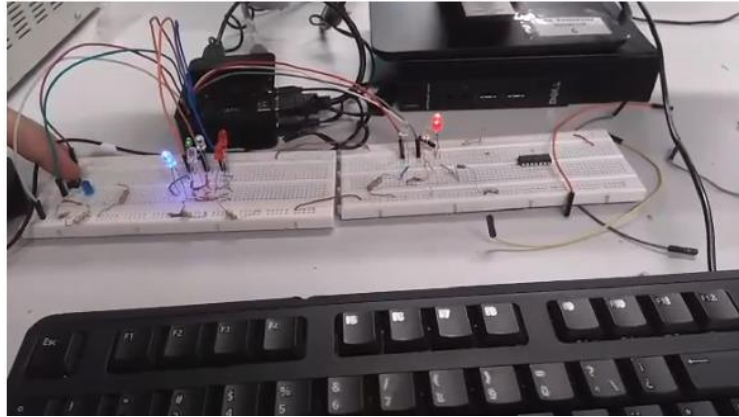
En este capítulo se verá el proceso que se siguió para llegar a los prototipos obtenidos (desde la primera versión hasta la que se tiene actualmente).

#### **13.1.1. Versión 1.0**

El primer prototipo fue un circuito lógico construido en una proto-board que consiste de un arreglo de sets LED's (cada set tenía un par de luces verdes, amarillas y rojas) que actuaban como semáforos. Una Raspberry Pi 3B estaba conectada a través de sus puertos GPIO a la proto-board que actuaba como una caja de control para los semáforos (la tarjeta era responsable de los tiempos de cambio y el consumo de energía). El sistema era simulado con un dip-switch (que eventualmente fue cambiado por un botón ya que solo se necesitaba una entrada), una vez activado, una señal se enviaba a la Raspberry usando su GPIO y se hacían los cambios respectivos de luz de verde a rojo, o de rojo a verde (dependiendo de qué sentido estaba simulando ese set de LED's)

### **FIGURA 10. PRIMER PROTOTIPO**

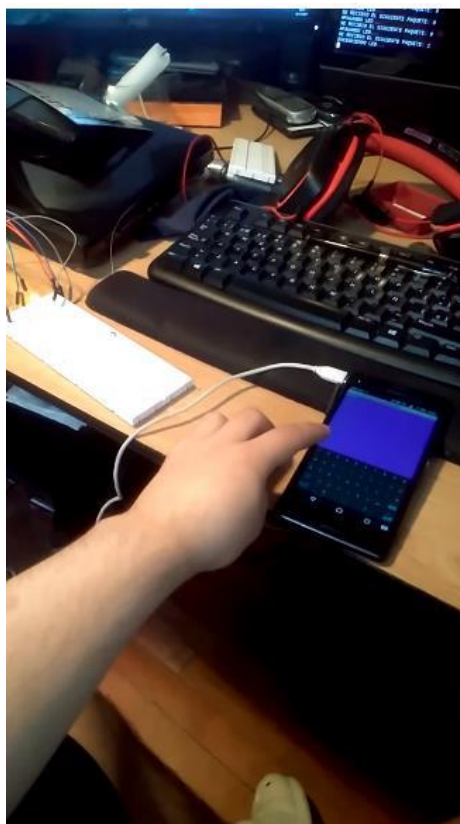




### **13.1.2. Versión 1.1.**

Una vez la versión 1.0 funcionó con 5 'intersecciones', el botón fue retirado por completo para empezar a controlar la simulación con un celular, para lograr esto, se utilizó una app que permite abrir un socket a través de bluetooth para controlar los puertos seriales de dispositivos embebidos (Blue Term), una vez la Raspberry recibía la información del celular, dependiendo de que entraba, se hacían diferentes cambios de luces.

**FIGURA 11. SEGUNDO PROTOTIPO**



### **13.1.3. Posible versión 1.1.1**

De seguir con este prototipo, ya existían planes para otras versiones que mejoraban la funcionalidad y la estética del proyecto.

El primero de estos pretendía crear una relación esclavo-maestro entre una Raspberry Pi Zero W (maestro) y una Arduino UNO R3 (esclavo), donde el esclavo tomaría control directo de una sola intersección (un set de 4 semáforos), mientras que el maestro estaría escuchando para encontrar señales que indicarían que se acercaba una ambulancia y enviar una señal a la Arduino para iniciar los cambios necesarios, esto permitiría crear un sistema más modular de más fácil mantenimiento.

### **13.1.4. Posible versión 1.1.2.**

Teniendo en cuenta que el resultado de la versión 1.1.1 sería separar los semáforos en sets de 4 para mayor modularidad, se tenía planeado construir 5 PCB's (tarjetas de circuitos impresas) para que cada una albergará una intersección (esto era una mejora más estética que funcional, sin embargo, era

importante pues muchas personas se confundían al ver dos hileras horizontales con 20 LED's continuos)

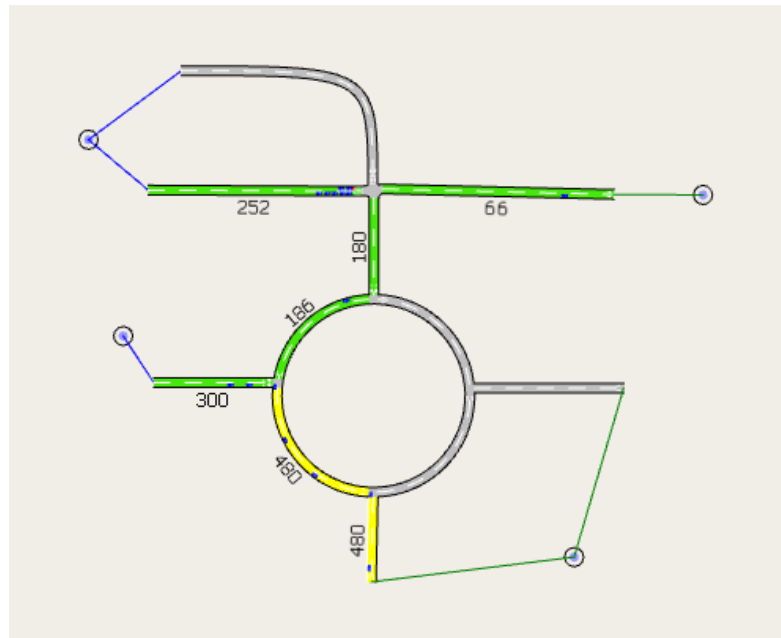
## **13.2. Versión 2.0.**

### **13.2.1 Simulación**

Para realizar la simulación de semaforización inteligente para ambulancias, se necesitó de una licencia de Aimsun Versión 8.2.2.

#### **13.2.1.1 Creación Primera versión.**

### **FIGURA 12. VERSIÓN 1.**

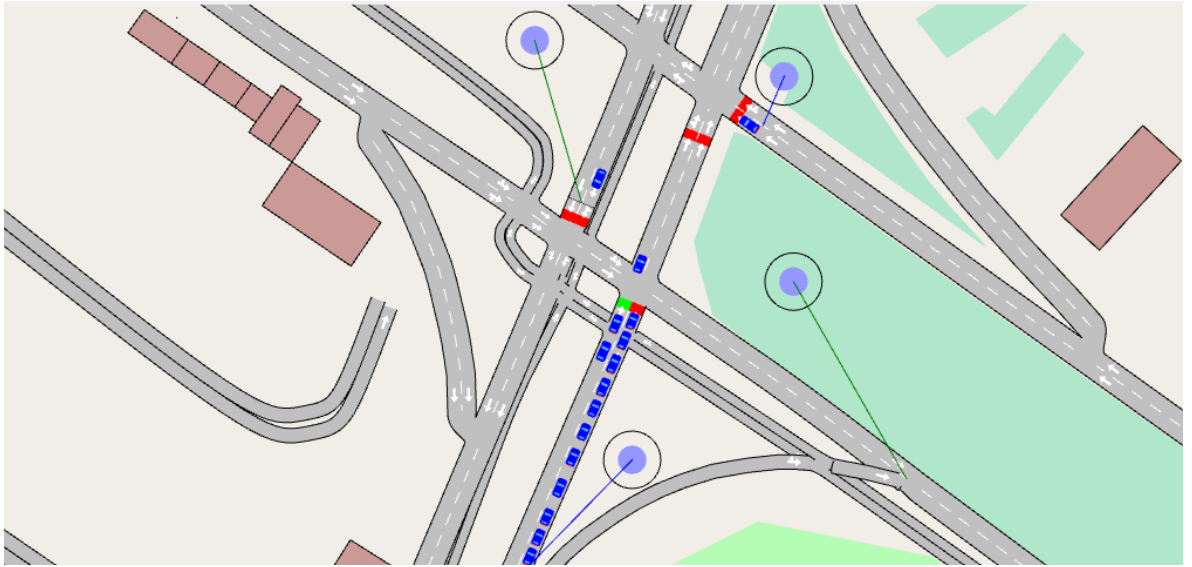


La primera versión consta de la creación de carreteras de una rotonda, construcción de centroides, semáforos y se muestra con colores el flujo vehicular de cada una de las vías.

Los centroides permiten colocar la dirección o sentido de un tramo de la vía, además del flujo vehicular (Cantidad de vehículos)

### 13.2.1.2. Creación Segunda versión.

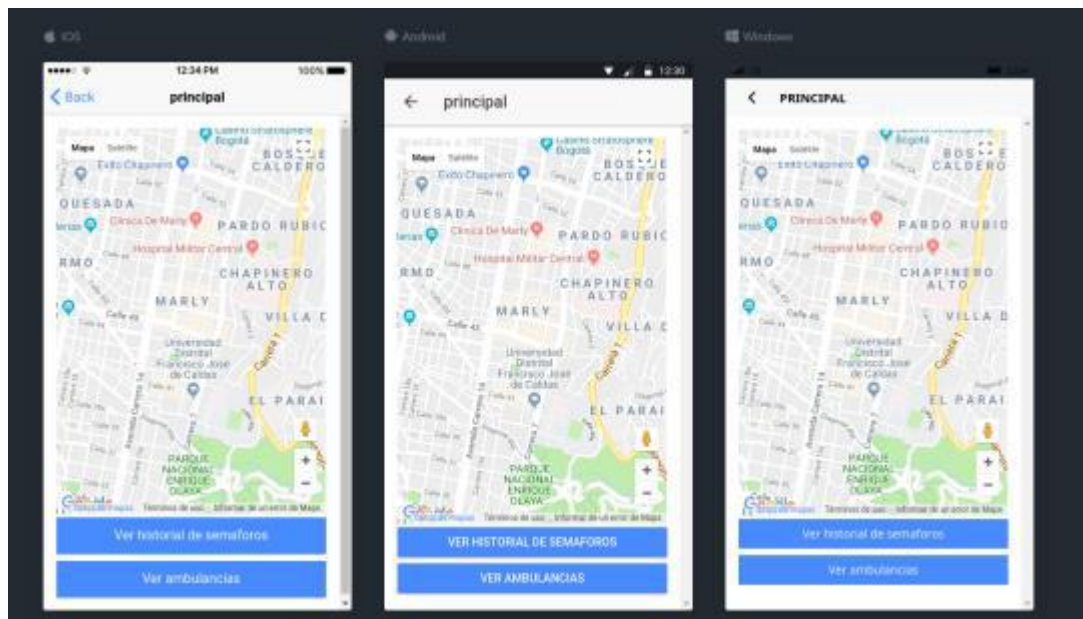
**FIGURA 13. VERSIÓN 1.1**



### 13.2.2. Módulo de monitoreo.

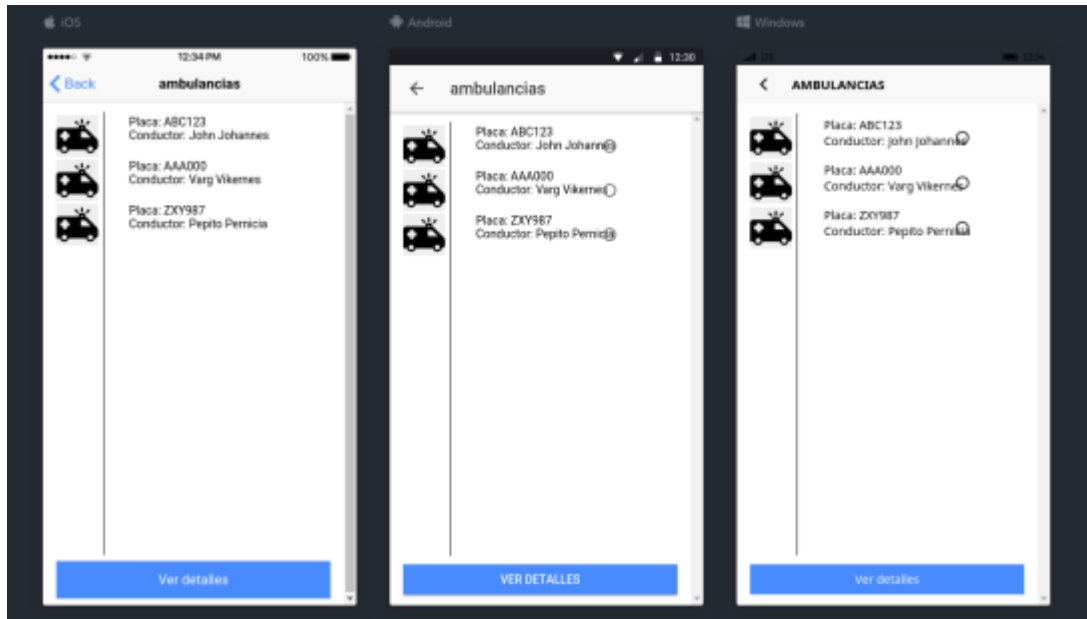
Para este módulo se utilizó Ionic V3 que como ya se dijo, permite la creación de aplicaciones híbridas con el beneficio adicional de dejar una página web funcional. Se integró con el módulo puente a través de servicios HTTP en su mayoría solo de consumo (es decir el método GET), a excepción de la creación de nuevos usuarios (donde se hizo un POST) y el cambio de contraseña de usuarios ya existentes (PUT). A continuación, se mostrarán imágenes de la aplicación en su entorno de desarrollo corriendo en iOS, Android y UWP (Universal Windows Platform)

**FIGURA 14. PÁGINA PRINCIPAL**



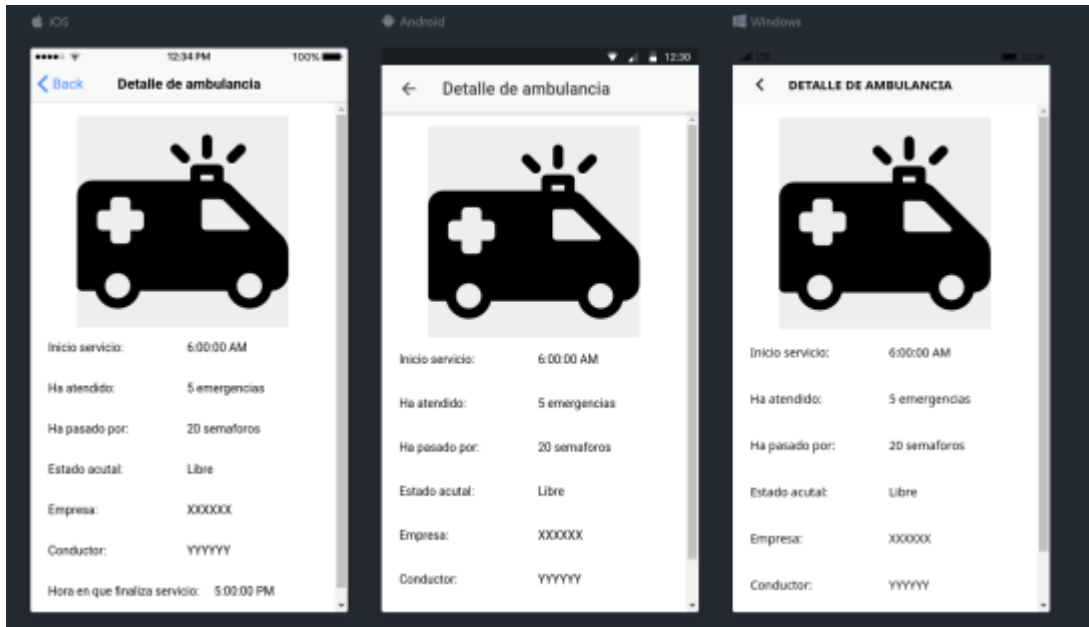
La imagen 14 muestra la página principal con un mapa de google maps. En esta vista, se debe evidenciar marcadores con ambulancias, semáforos y emergencias.

**FIGURA 15. LISTA DE AMBULANCIAS**



La imagen 15, muestra la vista donde se verán todas las ambulancias que se encuentren en servicio, el usuario estará en capacidad de seleccionar una para verla en mayor detalle.

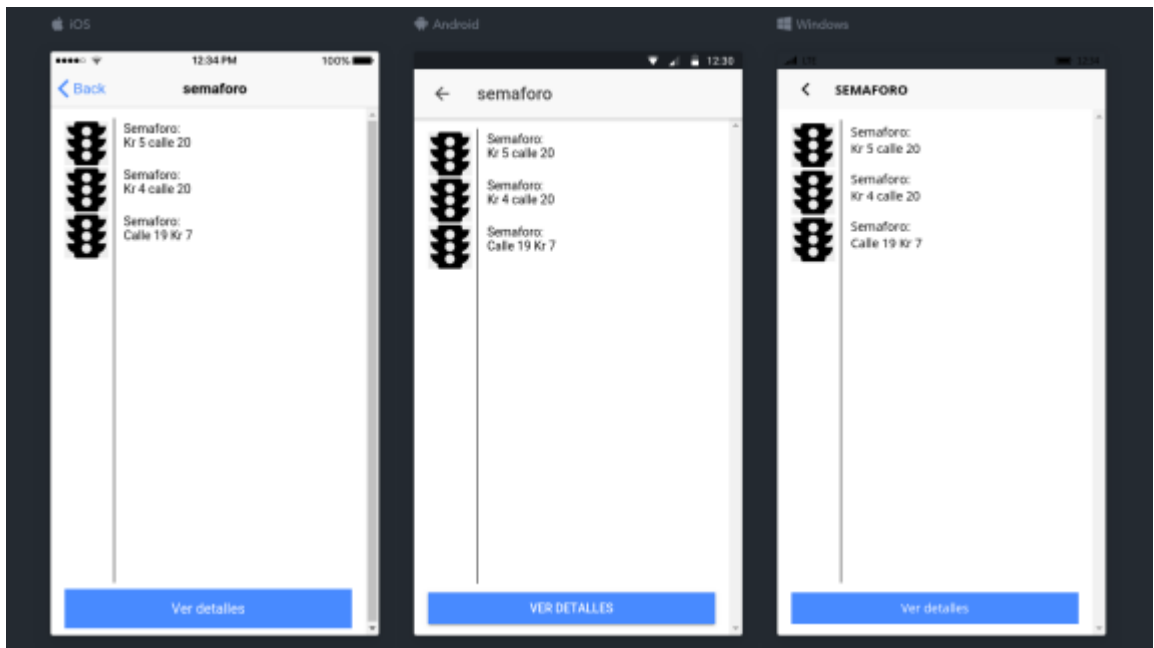
**FIGURA 16. DETALLE AMBULANCIAS**



La imagen 16 muestra el resultado de haber escogido alguna de las ambulancias para verla a mayor detalle

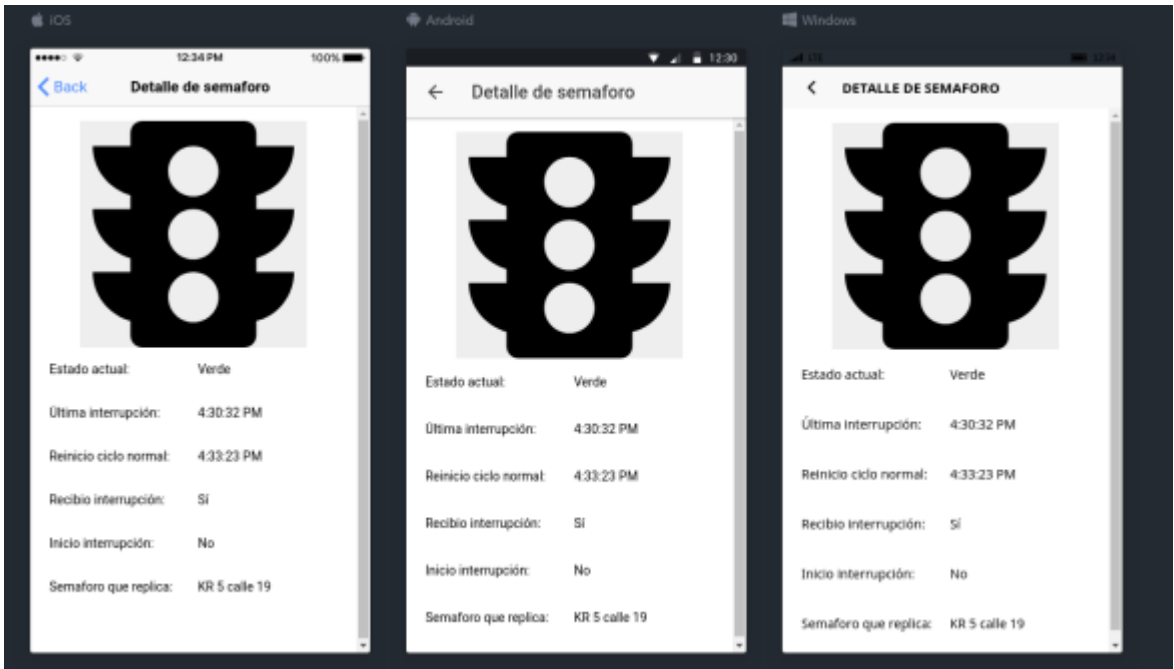


**FIGURA 17. LISTA SEMÁFOROS**



La imagen 17 muestra algo muy parecido a la segunda, pero esta vez con semáforos.

**FIGURA 18. DETALLE SEMÁFOROS**



Por último, la imagen 18 muestra el resultado de seleccionar un semáforo para verlo a mayor detalle.



### **13.3. Módulo Puente**

Para este módulo se utilizó una base de datos SQLite3 con Django 2.0 para facilitar el acceso, modificación y creación de tablas/tuplas en la misma, a continuación, se muestra una imagen de la página principal de administración.







**FIGURA 19. ADMINISTRACIÓN DE BASE DE DATOS**

Django administration

Site administration

AUTHENTICATION AND AUTHORIZATION	
Groups	+ Add  Change
Users	+ Add  Change


  

MONITORED	
Ambulancias	+ Add  Change
Compania ambulancias	+ Add  Change
Companias	+ Add  Change
Emergencias	+ Add  Change
Semaforos	+ Add  Change
Usuarios	+ Add  Change

Recent actions

My actions

- + Ambulancias Azules LTDA: ZXY987, Pepito Pemicia  
Ambulancia
- + Ambulancias Blancas SAS: AAA000, Varg Vikernes  
Ambulancia
- + Ambulancias Negras SA: ABC123, John Johannes  
Ambulancia
- + CompaniaAmbulancia object (3)  
Compania ambulancia
- + CompaniaAmbulancia object (2)  
Compania ambulancia
- + CompaniaAmbulancia object (1)  
Compania ambulancia
-  Calle 19 Kr 7  
Semaforo
- + Administración A:  
admin@admin\_a.com  
Usuario
- + Calle 19 Kr 7  
Semaforo
- + Kr 4 calle 20  
Semaforo

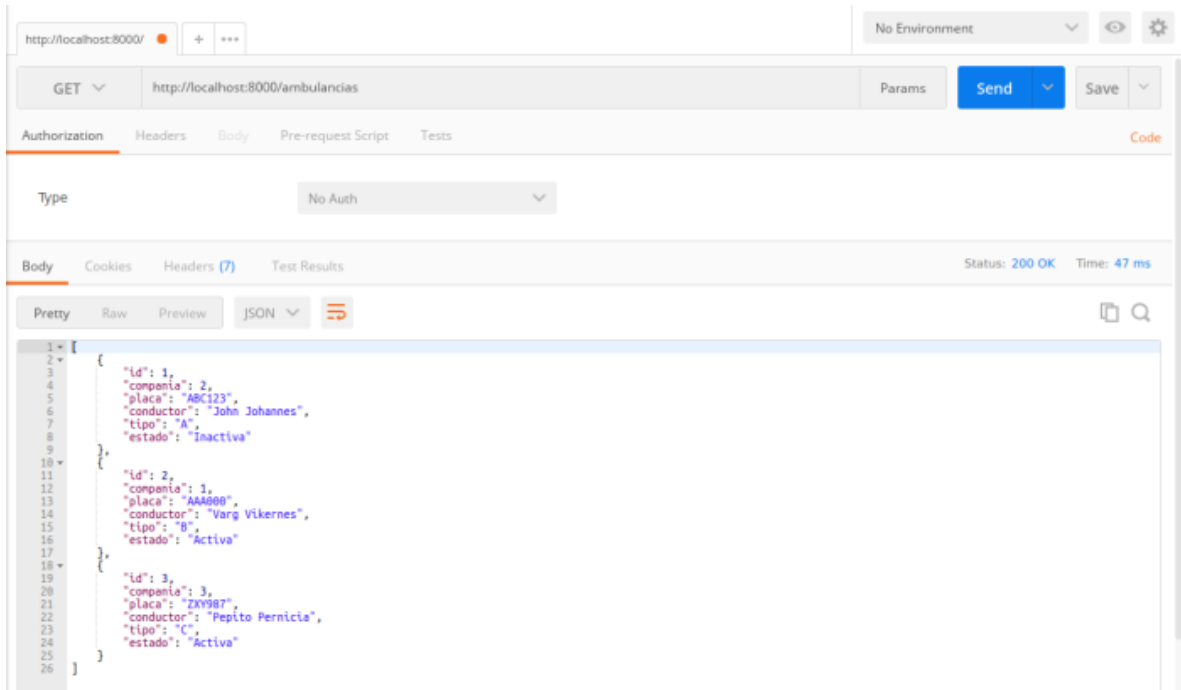
## 14. PRUEBAS

En esta sección se muestran las pruebas obtenidas durante el proceso del proyecto.

Al comienzo del trabajo de Grado, cuando se realizó el estado del arte, se realizaron pruebas comparando el análisis y funcionamiento de las tecnologías y herramientas que estaban candidatas a ser usadas en la implementación del proyecto. Finalmente se hizo una elección basada en diversos criterios. Es importante recalcar que el análisis de evaluación de la herramienta más apropiada se hizo mirando todo en paralelo, y según las necesidades del proyecto (hardware, software, lenguajes de programación).

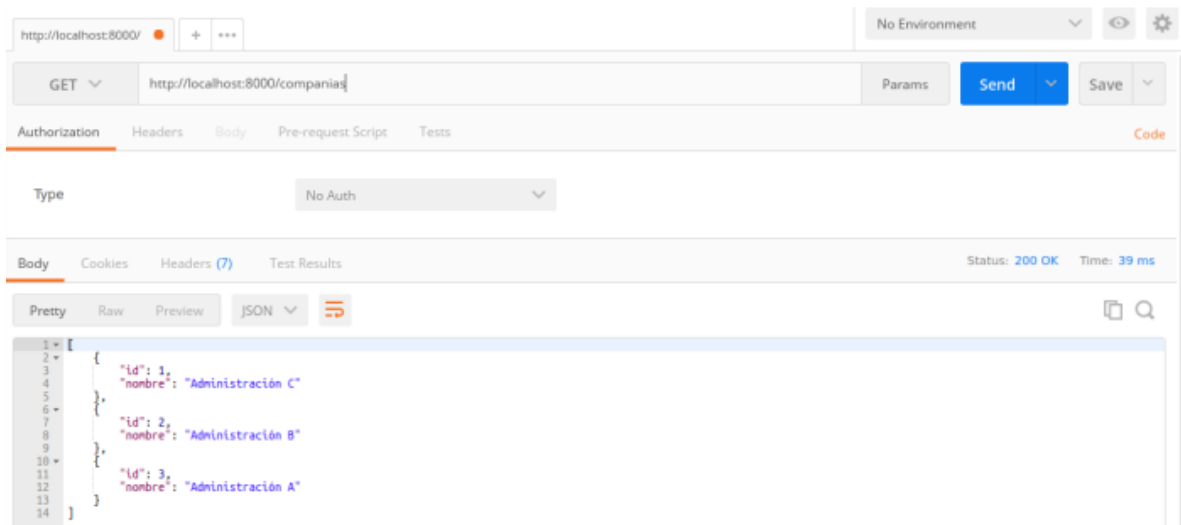
Más allá de la evaluación de herramientas, se hicieron pruebas de consumo de servicios al módulo puente, esto con el fin de asegurar que funcionara de manera adecuada a la hora de integrarlo al proyecto. A continuación, se mostrarán los resultados de estas pruebas que se hicieron con la herramienta Postman.

**FIGURA 20. SERVICIO AMBULANCIA**



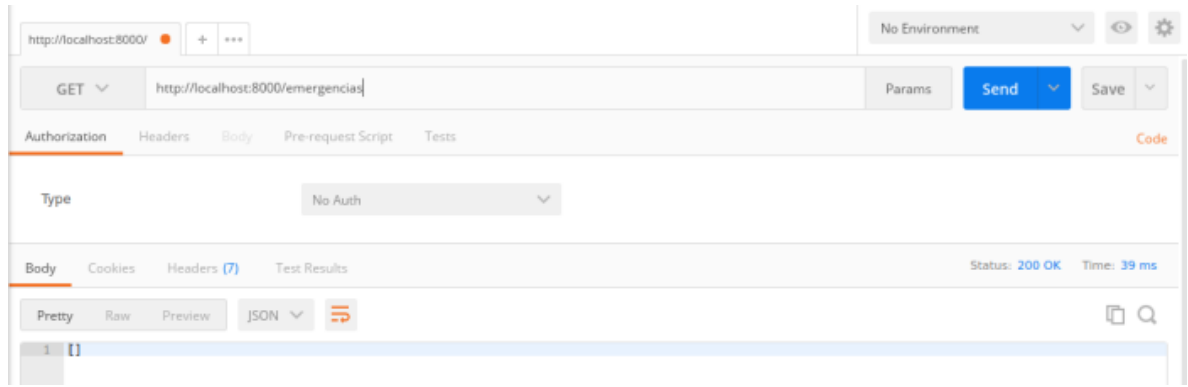
Esta imagen 20 muestra el servicio GET de la tabla ambulancias.

**FIGURA 21. SERVICIO COMPAÑÍA**



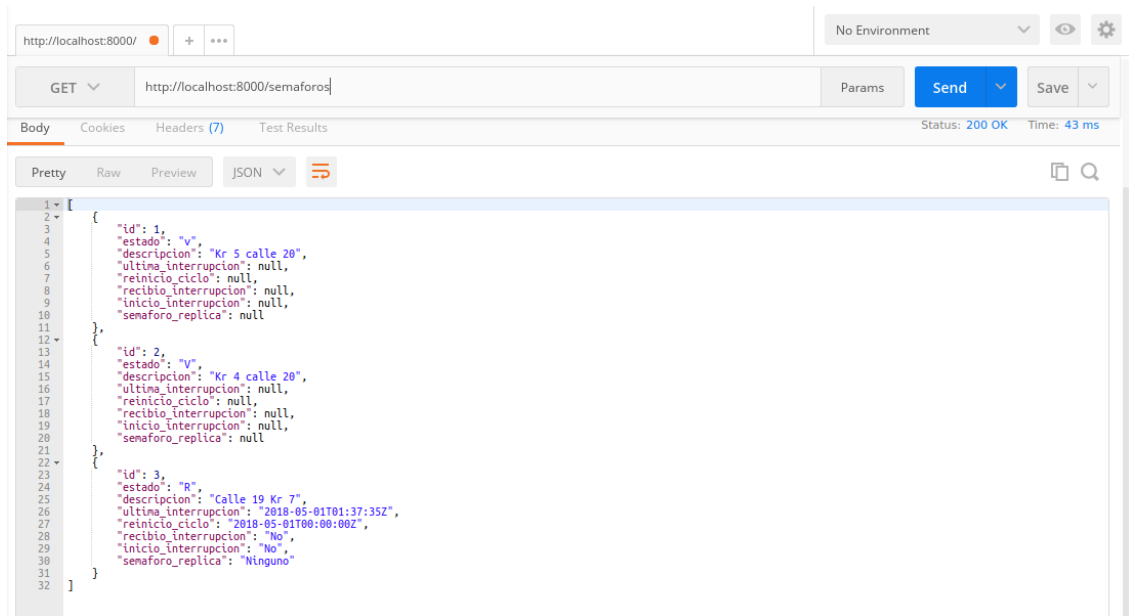
La imagen 21 muestra el servicio GET de la tabla compañía

**FIGURA 22. SERVICIO EMERGENCIA**



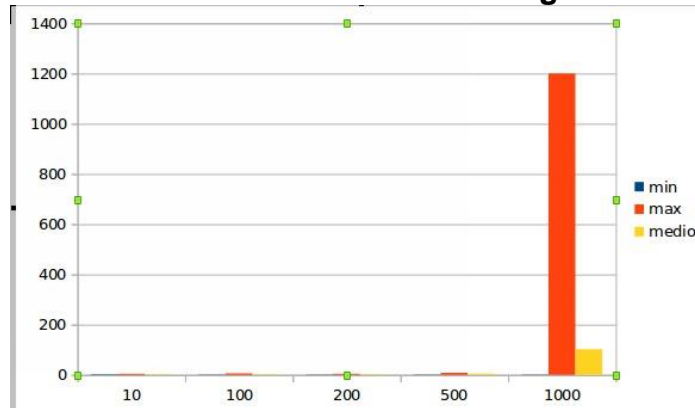
La imagen 22 muestra el servicio GET de la tabla emergencia

**FIGURA 23. SERVICIO SEMÁFOROS**



Finalmente, la imagen 23 muestra el servicio GET de la tabla semáforos

**FIGURA 24. Prueba de carga**



Como se puede ver en la figura 24, los resultados de la prueba de carga, son favorables hasta con 500 usuarios con un resultado de un tiempo máximo de 9 segundos, y un mínimo de tan solo 1 segundo, sin embargo una vez se superan las tres cifras, el sistema ya no es capaz de responder a tantas solicitudes, teniendo un tiempo de respuesta máximo 1200 segundos, y mínimo de 0 segundos, lo cual implica que el servidor en algún momento dejó de funcionar por completo.

## **15. ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

Como se vio en las imágenes del capítulo anterior, se obtuvieron resultados favorables a las pruebas efectuadas, por lo tanto, el sistema es funcional, dando como resultado final, un prototipo versión 2.0 listo para empezar producción beta.



## **16. CONCLUSIONES**

En conclusión, basados en los resultados obtenidos, es posible afirmar que este proyecto es viable, ya que no solo permitirá a las ambulancias llegar más rápido a sus destinos, sino que también da una herramienta de monitoreo para asegurar que todo se está utilizando de la mejor manera.

Además, viendo la variedad de vehículos de atención a emergencias (no solo ambulancias) que operan bajo una filosofía similar, sería posible escalar este proyecto para abarcar más vehículos y tipos de emergencias (carros de bomberos o de policía por dar dos ejemplos), sería un trabajo relativamente sencillo, y el resultado final sería un sistema integrado de prevención vehicular que salvaría vidas por más de un frente.

## **17. APORTES**

En este capítulo se hablará de los aportes que este proyecto le da al sector de transporte.

- El mayor aporte de este trabajo es el diseño propuesto que permite de una manera relativamente sencilla tener un sistema de monitoreo de tráfico y un sistema de prevención vehicular de emergencias médicas.
- El uso de herramientas híbridas que permiten un tiempo y costo de desarrollo menor, optimizando recursos que pueden ser invertidos en otras secciones del sistema propuesto.
- La modularidad del proyecto, que permite un mantenimiento más sencillo al tener 3 frentes distintos.
- El uso de repositorios públicos para que cualquiera pueda corregir, aportar y utilizar el sistema propuesto de acuerdo a sus necesidades.

### **17.1. Problemas abiertos**

Ya que el problema tratado es uno de transporte, esto implica que es de suma complejidad, por lo tanto, un solo trabajo de tesis no es suficiente para afrontar todos los flancos necesarios para dar una solución definitiva, por lo tanto se listarán problemas que no fueron tratados a lo largo de este proyecto, pero que deben tenerse en cuenta en futuros proyectos que puedan basarse en este mismo.

- Seguridad: en este momento el módulo puente (que podría decirse es el más importante al comunicar a los demás módulos), no tiene seguridad alguna, ya que hacer un trabajo de seguridad informática tiene suficiente complejidad como para hacer toda una nueva tesis, sin embargo, para una

implementación del mundo real, la ausencia de seguridad hace que cualquier proyecto no sea viable.

- Escalar la simulación: debido al alcance del proyecto, se hizo una simulación de una pequeña sección de Bogotá, lo ideal sería utilizar un tramo más grande para hacer pruebas en un ámbito más parecido a la realidad.
- Implementación real: dado el alcance de esta tesis, se llegó hasta una simulación de tráfico, sin embargo, una cosa es una simulación, donde el código determina el comportamiento de los conductores, y otra cosa es la vida real, donde las variables crecen exponencialmente, así que el reto más grande en este momento es pasar de una simulación, a usar semáforos reales, con ambulancias reales para atender emergencias reales.

## 18. BIBLIOGRAFÍA

Ghazal, Bilal. ElKhatib, Khaled. Chahine, Khaled. Kherfan, Mohammad. "Smart Traffic Light Control System". {19 de mayo de 2016} Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7470780/>

Miz, Volodymyr. Hahanov, Vladimir. "Smart traffic light in terms of the Cognitive road traffic management system (CTMS) based on the internet of things". {2 de febrero de 2015}. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7027102/>

P. F. Möller, Dietmar. Xavier, Fidencio, Aline. Cota, Eduardo. Jehle, Isabell Alexandra. Vakilzadian, Hamid. "Cyber-Physical Smart Traffic Light System". {8 de octubre de 2015}. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7293395/>

Yagadeesh, Y, M. Suba, Merlin. Karthik, S. Yokesh, K. "Smart Autonomous Traffic Light Switching by Traffic Density Measurement through Sensors", {8 de septiembre de 2016}, disponible en: {<http://ieeexplore.ieee.org/document/7562885/>}

Yaqub, Raziq. Joyo, Ambreen. Medamopulos, Nicholas. "Managing Traffic-light-duration by exploiting Smart Antenna Technology (MATSAT)", {11 de febrero de 2016}, Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7404703/>

B. Janani, Saradha. G Vijavyshri. T SUBHA. "Intelligent traffic signal control system for ambulance using RFID and cloud" {11 de Julio de 2017}, Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7972255>

Mi-hye, Lee. Sun-young, Im. Beyeong-uk. Byeong-hee, Roh. "Red-Signal Delay Scheme to Prevent Vehicle Accidents at the Intersection", {10 de Agosto de 2015}, Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7182540/>

McEwen, Adrian. Cassimally, Hakim. Designing the Internet of Things.1 ed, West Sussex: Wiley, 2014. 342 p. ISBN 978-1-118-43062-0.

Sladkowski, Aleksander. Pamula, Wieslaw. Intelligent Transportation. Problems and Perspectives. 1ed. New York: Springer, 2016. 303 p. ISBN 978-3-319-19149-2

Greengard, Samuel. The Internet of Things. 1 ed. Michigan: The MIT Press, 232 p. ISBN 978-02625277736

Sayeg, Phil. Charles, Phil. "Sistema de transporte inteligentes". {Junio de 2006}  
Disponibile en:  
[http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/A\\_Sourcebook/SB4\\_Vehicles-and-Fuels/GIZ\\_SUTP\\_SB4e\\_Intelligent-Transport-Systems\\_ES.pdf](http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/A_Sourcebook/SB4_Vehicles-and-Fuels/GIZ_SUTP_SB4e_Intelligent-Transport-Systems_ES.pdf)

Quintero, Julián. Prieto, Lina "Sistemas inteligentes de transporte y nuevas tecnologías en el control y administración de transporte" {17 de marzo del 2015}  
Disponibile en:  
<http://puente.upbbga.edu.co/index.php/revistapuerto/article/download/220/169>

IONIC. Página original. Disponible en: <https://ionicframework.com>

DJANGO. django. Página original. Disponible en: <https://www.djangoproject.com>

AIMSUN. aimsun. Página original. Disponible en: <https://www.aimsun.com>

SQLITE. sqlite. Página original. Disponible en: <https://www.sqlite.org/index.html>

