



Arquitectura IoT para la Prestación del Servicio de SemafORIZACIÓN Inteligente en Bogotá

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero de Sistemas**

Directora: PhD. Alexandra María López Sevillano

**Diego Armando Gómez Lara
Código: 625387**

**Universidad Católica de Colombia
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería de Sistemas
Monografía
Bogotá D.C. Colombia
2019**

Nota de Aceptación

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Facultad de Ingeniería y la Universidad Católica de Colombia para optar al título de ingeniero de sistemas

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado



Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Compartir bajo la Misma Licencia — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Contenido

GLOSARIO	13
INTRODUCCIÓN	14
1. GENERALIDADES	16
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	16
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2.1 Descripción del Problema.	17
1.2.2 Formulación del problema.	17
1.2.3 Justificación.	18
1.3 ESTADO DEL ARTE	19
1.4 OBJETIVOS	20
1.4.1 Objetivo General.	20
1.4.2 Objetivos Específicos.	20
1.5 ALCANCES	21
1.6 LIMITACIONES	21
1.7 MARCOS DE REFERENCIA	22
1.7.1 Marco Conceptual.	22
1.7.2 Marco Teórico.	23
1.7.3 Marco Jurídico.	25
1.7.4 Marco Geográfico.	25
1.8 METODOLOGÍA	26
1.8.1 Tipo de Estudio.	27
1.8.2 Fuente de Información.	27
1.9 DISEÑO METODOLÓGICO	28
2. SISTEMA DE CONTROL DE TRÁNSITO EN BOGOTÁ	29
2.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TRÁNSITO	29
2.2 FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TRÁNSITO	33
2.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE	34
2.4 DISPOSITIVOS DE UN SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE	34
3. ARQUITECTURA DE REFERENCIA	36
3.1 SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN PARA LA CIUDAD DE PASTO	38
3.2 CENTRO DE GESTIÓN DE LA MOVILIDAD PARA MONTEVIDEO EN URUGUAY	40

4.	ARQUITECTURA PROPUESTA	43
4.1	DISEÑO ARQUITECTÓNICO	43
4.1.1	Requerimientos específicos	44
4.2	INVENTARIO DE REQUERIMIENTOS Y CASOS DE USO	44
4.3	INVENTARIO REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	45
4.3.1	Características de los actores	45
4.4	ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS Y CASOS DE USO	46
4.4.1	Requerimientos funcionales.	46
4.4.2	Requerimientos no Funcionales.	51
4.5	CASOS DE USO	55
4.6	DIAGRAMA DE ACTIVIDADES	79
4.7	DIAGRAMA DE ENTIDAD RELACIÓN	80
4.8	DIAGRAMA DE COMPONENTES	81
4.8.1	Capa de Acceso a Datos.	81
4.8.2	Capa de negocio.	82
4.9	ESQUEMA DE CONECTIVIDAD	84
4.9.1	Comunicaciones y conectividad.	85
4.9.2	Capa de comunicaciones.	86
4.9.3	Capa de agregación.	87
4.9.4	Capa de procesamiento y análisis.	87
4.9.5	Capa física.	88
5.	VALIDACIONES	90
6.	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	94
6.1	CONCLUSIONES	94
6.2	TRABAJO FUTURO	95
7.	BIBLIOGRAFÍA	96

Lista de Figuras

Ilustración 1 Mapa de la ciudad de Bogotá	25
Ilustración 2 Metodología Ágil.....	26
Ilustración 3 Componentes de un sistema de control.....	29
Ilustración 4 Centro de Control de Bogotá	30
Ilustración 5 Equipo de Control local.....	30
Ilustración 6 Acometida eléctrica subterránea en alta tensión.....	31
Ilustración 7 Semáforo de Bogotá,.....	31
Ilustración 8 Rack de Comunicación en una central de control	32
Ilustración 9 Sistema de control de Tránsito	33
Ilustración 10 Arquitectura de solución de IoT IBM.....	36
Ilustración 11 Arquitectura del IoT	36
Ilustración 12Arquitectura de referencia de IoT de Intel	37
Ilustración 13 Solución de IoT Cloud extremo a extremo	37
Ilustración 14 Componentes control del tráfico en la ciudad de pasto.....	39
Ilustración 15 Centro de gestión de movilidad en Montevideo	41
Ilustración 16 CU 001 INICIAR SISTEMA.....	55
Ilustración 17 CU 002 INICIALIZAR PARAMETROS	56
Ilustración 18 CU 003 ADMINISTRAR SEMAFAROS.....	57
Ilustración 19 CU 004 GENERAR LOG DE CAMBIOS	58
Ilustración 20 CU 005 ACTUALIZAR TIEMPOS	59
Ilustración 21 CU 006 CALCULAR TIEMPOS ACTUALES.....	60
Ilustración 22 CU 007 CALCULAR DENSIDAD DEL TRAFICO.....	61
Ilustración 23 CU 008 DEFINIR INTERSECCIONES PRIORITARIAS	62
Ilustración 24 CU 009 CALCULAR TIEMPOS DE INTERSECCION	63
Ilustración 25 CU 010 CALCULAR IMPACTO	64
Ilustración 26 CU 011 VERIFICAR IMPACTO	65
Ilustración 27 CU 012 DESCISION FINAL.....	66
Ilustración 28 CU 013 ACTUALIZAR TIEMPOS	67
Ilustración 29 CU 014 APRENDIZAJE	68
Ilustración 30 CU 015 GENERAR OLA VERDE.....	69
Ilustración 31 CU 016 MOSTRAR MAPA DEL SISTEMA	70
Ilustración 32 CU 017 MUESTRA DE SEMAFAROS	71
Ilustración 33 CU 018 MOSTRAR LA CONFIGURACION ACTUAL	72
Ilustración 34 CU 019 RESTABLECER A FABRICA.....	73
Ilustración 35 CU 020 ESTABLECER VALORES DEL SEMAFARO.....	74
Ilustración 36 CU 021 VER LOG DE CAMBIOS	75
Ilustración 37 CU 022 REPRESENTAR ESTADISTICAS	76
Ilustración 38 CU 023 DEFINIR MENSAJE INICIAL	77
Ilustración 39 ACTUALIZAR PANEL DE MENSAJERIA	78
Ilustración 40 Diagrama de Actividades Fuente: El Autor	79
Ilustración 41 Modelo de entidad relación Fuente: El Autor	80

Ilustración 42 Diagrama de Componentes Fuente: El Autor	81
Ilustración 43 Capa de Negocio Fuente: El Autor	82
Ilustración 44 Funcionamiento de un Spring MVC	84
Ilustración 45 Esquema de conectividad Sistema de control del tránsito de Bogotá	84
Ilustración 46 Modelo de capas de Conectividad Fuente: El Autor	85
Ilustración 47 Componentes de la capa física Fuente: El Autor	88
Ilustración 48 Esquema de Conectividad intersección vial	89
Ilustración 49 Simulación elaborada en Synchro 8 Fuente: El Autor	90
Ilustración 50 Resultados Obtenidos de la simulación Fuente: El Autor	91
Ilustración 51 Resultados Obtenidos de la simulación Fuente: El Autor	92
Ilustración 52 Resultado de la simulación Fuente: El Autor	93

Lista de Tablas

Tabla 1 Requerimientos funcionales Fuente: El Autor	44
Tabla 2 Requerimientos no funcionales Fuente: El Autor	45
Tabla 3 Actores del Sistema Fuente: El Autor	45
Tabla 4 RF-1 Fuente: El Autor	46
Tabla 5 RF-2 Fuente: El Autor	47
Tabla 6 RF-3 Fuente: El Autor	47
Tabla 7 RF-4 Fuente: El Autor	48
Tabla 8 RF-5 Fuente: El Autor	48
Tabla 9 RF-6 Fuente: El Autor	49
Tabla 10 RF-7 Fuente: El Autor	49
Tabla 11 RF-8 Fuente: El Autor	50
Tabla 12 RF-9 Fuente: El Autor	50
Tabla 13 RF-10 Fuente: El Autor	51
Tabla 14 RNF-1 Fuente: El Autor	51
Tabla 15 RNF-2 Fuente: El Autor	52
Tabla 16 RNF-3 Fuente: El Autor	52
Tabla 17 RNF-4 Fuente: El Autor	53
Tabla 18 RNF-5 Fuente: El Autor	53
Tabla 19 RNF-6 Fuente: El Autor	54
Tabla 20 RNF-7 Fuente: El Autor	54
Tabla 21 CU-001 Fuente: El Autor.....	55
Tabla 22 CU-002 Fuente: El Autor.....	56
Tabla 23 CU-003 Fuente: El Autor.....	57
Tabla 24 CU-004 Fuente: El Autor.....	58
Tabla 25 CU-005 Fuente: El Autor.....	59
Tabla 26 CU-006 Fuente: El Autor.....	60
Tabla 27 CU-007 Fuente: El Autor.....	61
Tabla 28 CU-008 Fuente: El Autor.....	62
Tabla 29 CU-009 Fuente: El Autor.....	63
Tabla 30 CU-010 Fuente: El Autor.....	64
Tabla 31 CU-011 Fuente: El Autor.....	65
Tabla 32 CU-012 Fuente: El Autor.....	66
Tabla 33 CU-013 Fuente: El Autor.....	67
Tabla 34 CU-014 Fuente: El Autor.....	68
Tabla 35 CU-015 Fuente: El Autor.....	69
Tabla 36 CU-016 Fuente: El Autor.....	70
Tabla 37 CU-017 Fuente: El Autor.....	71
Tabla 38 CU-018 Fuente: El Autor.....	72
Tabla 39 CU-019 Fuente: El Autor.....	73
Tabla 40 CU-020 Fuente: El Autor.....	74
Tabla 41 CU-021 Fuente: El Autor.....	75

Tabla 42 CU-022 Fuente: El Autor.....	76
Tabla 43 CU-023 Fuente: El autor	77
Tabla 44 CU-024 Fuente: El Autor.....	78

RESUMEN

En este documento se presenta el modelo de la Arquitectura IoT para la Prestación del Servicio de Semaforización Inteligente en Bogotá. Un modelo de tráfico vehicular, el cual examina el tráfico existente en las vías de Bogotá a través de una serie de sensores del tráfico, y a partir de esta información, los sensores se sincronizan con el centro de control y permiten determinar el tiempo de duración y de desfase de los semáforos.

Se realizó un estudio de las ciudades donde se ha implementado un sistema de control del tránsito y se identifican los componentes que se deben incorporar en Bogotá. Para la validación de la arquitectura se cuenta con la asesoría del Magister en ingeniería Infraestructura y Sistemas de Transporte Cristian Mateo Loaiza Alfonso, el modelo es simulado en el software Synchro 8 y se evalúan los resultados a nivel macroscópico con el modelo de temporización fija que funciona actualmente en Bogotá.

Palabras clave: Arquitectura de IoT, Semaforización Inteligente Temporización Fija, Tráfico Vehicular.

GLOSARIO

ALGORITMO: Secuencia de instrucciones que representan un modelo de solución para determinado tipo de problemas o bien como un conjunto de instrucciones que realizadas en orden conduce a obtener la solución de un problema.

ALGORITMOS GENETICOS: Estos algoritmos hacen evolucionar una población de individuos sometiéndola a acciones aleatorias semejantes a las que actúan en la evolución biológica (mutaciones y recombinaciones genéticas), así como también a una selección de acuerdo con algún criterio, en función del cual se decide cuáles son los individuos más adaptados, que sobreviven, y cuáles los menos aptos, que son descartados

ALTA DISPONIBILIDAD: Es un protocolo de diseño que me permite asegurar un cierto grado de continuidad operacional durante cierto periodo y va enfocado hacia el acceso de los usuarios hacia el sistema.

ANALISIS PREDICTIVO: Proceso mediante el cual se realizan predicciones basadas en el conjunto de datos obtenidos mediante técnicas analíticas, estadísticas y de aprendizaje automático con el fin de crear un modelo predictivo.

CCTV: Tecnología de vídeo vigilancia visual diseñada para supervisar una diversidad de ambientes y actividades. Es una red conformada por cámaras de video, que permite tener una vigilancia constante en cualquier escenario.

SIMULACIÓN: Recreación de procesos que se dan en la realidad mediante la construcción de modelos que resultan del desarrollo de ciertas aplicaciones específicas. Los programas de simulación están muy extendidos y tienen capacidades variadas, desde sencillos juegos de ordenador hasta potentes aplicaciones que permiten la experimentación industrial sin necesidad de grandes y onerosas estructuras.

INTRODUCCIÓN

La movilidad es uno de los principales componentes en los cuales las grandes ciudades deben prestar atención, toda ciudad debe garantizar un flujo óptimo en la malla vial. Por esta razón se han desarrollado metodologías que permiten mejorar la movilidad de una ciudad. En ciudades como Bogotá en donde sus habitantes pierden más de 75 horas al año en embotellamientos. (1) Se debe identificar como abordar la problemática de movilidad en la ciudad mediante los avances de las tecnologías de información y la aplicación del concepto IoT que me permita estructura una mejora vial mediante mejores prácticas de una arquitectura TIC y adaptando los nuevos dispositivos usados en IoT. Es por ello por lo que se propone el modelo de semáforos inteligentes para la ciudad de Bogotá donde se debe realizar un estudio de las arquitecturas actuales y de acuerdo con este estudio identificar cual es la más adecuada para la ciudad.

El tránsito vehicular de la ciudad de Bogotá es conflictivo, especialmente en horas pico debido a que no se cuenta con una herramienta optima que pueda controlar el flujo vial (2), y no existe un plan de contingencia para atacar los problemas de movilidad de la ciudad. No hay la cantidad de agentes de tránsito suficiente, ni los equipos suficientes para brindar un servicio eficiente a la ciudad. (3)

La movilidad de la ciudad puede mejorar mediante el uso del Internet de las cosas ya que tiene la capacidad de recopilar, transmitir, y posteriormente analizar datos que reunidos entre sí se puedan convertir en información importante y conocimiento. IoT permite integrar sensores y dispositivos con objetos que quedan conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas. (4)

Hoy en día, todas las iniciativas para el desarrollo Smart de una ciudad se enfocan en las instituciones públicas por el impacto que tienen en la sociedad en general. Una ciudad inteligente es una iniciativa para administrar la ciudad, donde se realizan acciones y servicios, en función de la información tecnológica, los horarios de la semaforización de la ciudad de Bogotá requieren herramientas inteligentes automáticas para ser utilizado por los expertos en este campo (5).

La adaptación de las personas al Internet se ha vuelto indispensable para un desarrollo sostenible, en esta escena el (IoT) es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con la Internet; en la actualidad las principales ciudades del mundo han identificado el impacto que genera la aplicación del internet de las cosas, haciendo referencia al tiempo de desplazamiento dignificando sus vidas.

Una de las opciones que más contribuye para solucionar el problema de movilidad en la ciudad de Bogotá se plantea a partir de la implementación de un sistema semaforización inteligente, para esta implementación se realizará el diseño de la arquitectura de IoT que se debe utilizar en un sistema de semaforización inteligente, este trabajo tiene por objetivo obtener información para así lograr la automatización del control del tránsito en la ciudad.

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Las primeras invenciones relacionadas con semáforos datan de 1909, y desde entonces, se han registrado 6148 invenciones en 9578 solicitudes y además cuenta con un alto número de competidores, en las cuales Colombia ha influido en 8 invenciones. En la actualidad en Colombia se monitorean el flujo vehicular y el tiempo de cruce de una manera manual, sin ninguna automatización, solamente se han desarrollado tecnologías para la seguridad vial en los cruces del ciclo rutas. (6)

El problema en la movilidad queda en evidencia al revisar el más reciente informe mundial de la firma Inrix, que analiza 1.360 ciudades de 38 países. En el escalafón resultante, Bogotá ocupa el sexto puesto entre las más congestionadas: cada año, los ciudadanos pierden 75 horas en embotellamientos, más de tres días parados en las vías (7).

Al observar las cifras se nota que los más afectados por la falta de fluidez vehicular son quienes entran y salen de la capital durante las horas pico (entre las 6 y las 8:30 de la mañana y entre las 3 de la tarde y las 7:30 de la noche). El 39 por ciento del tiempo que estas personas se demoran para hacer su trayecto se va en atascos: si usted tiene que ingresar o abandonar Bogotá en esos periodos de tiempo, en total se demora 90 minutos. (8)

La Federación Nacional de Comerciantes (Fenalco) ha realizado estimaciones del impacto económico de los trancones en Colombia. El costo económico anual para el país rondaría los 4 billones de pesos, equivalentes a unos 1.810 millones de dólares (9).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Descripción del Problema.

Se identifica el problema del tránsito vehicular como un fenómeno socioeconómico y ambiental con incidencia en el campo laboral e higiene mental de la población directa e indirectamente involucrada. El problema representa una amenaza para la sociedad a mediano y a largo plazo, En la actualidad se evalúan factores relacionados a la movilidad, donde se estudian tiempos óptimos según la ruta. La semaforización en Bogotá está basada en tiempos predeterminados de acuerdo con las condiciones del tráfico con el fin de buscar la mayor fluidez posible, pero en horas pico y en vías de intersecciones principales este esquema no es óptimo. Esta es una de las razones por las cuales se debe evaluar la posibilidad de implementar un sistema de semaforización inteligente, modificando la infraestructura actual de la ciudad de Bogotá (10).

1.2.2 Formulación del problema.

Bogotá no cuenta con la infraestructura suficiente para controlar la movilidad de más de 8 millones de habitantes en 1778 kilómetros cuadrados Según la Dirección de Control y Vigilancia de la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM). En la actualidad, *“Bogotá cuenta con semáforos en 1.287 intersecciones que dependen de 1.049 equipos monitoreados desde tres centros de control; en cada uno de estos centros, hay un equipo de operadores que pueden conocer en tiempo real el funcionamiento de los semáforos de cada intersección”*, en caso de cualquier tipo de falla pueden reportarla inmediatamente al personal de mantenimiento (11).

Cómo énfasis inicial se encuentra el favorecer la movilidad de la ciudad teniendo en cuenta la captura, monitoreo y visualización de las variables de tráfico relacionadas. Para la realización de estudios con esta temática, se propone seleccionar una arquitectura de IoT para el monitoreo del flujo vehicular en la malla vial. Para dicho fin es necesario realizar una comparación de las arquitecturas de referencia que se acomoden a los factores que se desean atacar con este proyecto y mediante esta comparación identificar los componentes que se deben utilizar en la red de semáforos inteligentes ayudaría en la disminución del impacto negativo del fenómeno vial en la ciudad (12).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, en la ciudad de Bogotá se identifica la importancia de diseñar una arquitectura que permita la integración de la infraestructura tecnológica de la ciudad con las nuevas tecnologías que integre procesamiento, almacenamiento comunicación y control mediante una administración de fácil despliegue, con el fin de construir un sistema de movilidad en la ciudad donde se puedan adaptar nuevos prototipos tecnológicos, de acuerdo a esto se ha formulado la siguiente pregunta como directriz para el desarrollo de este proyecto: ¿Qué arquitectura de IoT es la más adecuada para el ajuste de los tiempos de los semáforos en la malla vial en la ciudad de Bogotá?

1.2.3 Justificación.

La selección de la arquitectura de referencia de IoT permite tener un control total sobre la malla vial, procesar almacenar y analizar los datos en tiempo real mediante el correcto manejo de la información que se desea capturar por los sensores, de esta manera ayudar a la toma de decisiones con respecto a las variables de tiempo. Lo cual permite definir un plan de acción en tiempo real, que se ajusta a las necesidades cambiantes de la malla vial.

La implementación de los semáforos inteligentes en la ciudad de Bogotá ayudaría a reducir los tiempos de espera en el flujo vial en todos los sectores de la ciudad, reducir la cantidad de accidentes, disminuir la violencia vial y mejoraría la movilidad en vías de accidentes mejorando la salud auditiva y visual de los ciudadanos. (13)

La gestión del flujo de tráfico es uno de los más aspectos importantes en el contexto de las ciudades inteligentes debido a la gran cantidad de vehículos para ser manejados en el área metropolitana. Una gestión óptima del tráfico podría ser beneficiosa para minimizar los tiempos de viaje y reducir el combustible y emisiones nocivas. Para este propósito, la programación del ciclo de los semáforos constituye una tarea clave. (14)

Por otro lado, el mal estado de las vías para descongestionar la ciudad, agudizan los problemas actuales, a su vez los usuarios recorren largas distancias para llegar a sus respectivos destinos, no obstante, un peatón debe cruzar la malla vial y este aspecto también debe ser administrado por los semáforos inteligentes y evitar accidentes y pérdida de tiempo innecesaria mediante la lógica difusa (15).

1.3 ESTADO DEL ARTE

Se resaltan las investigaciones realizadas en el proyecto del uso de la tecnología inalámbrica basada en los protocolos Bluetooth y ZigBee, versión 4.0 para controlar el tránsito vehicular de una ciudad por el Magister Carlos Martínez Echevarría. Mediante el diseño de una red de sensores inalámbricos con dispositivos de poco consumo eléctrico que transmiten a corta distancia por lo que requieren de baterías.

En el estudio se emplearon las herramientas 3D que tiene Matlab, antenas de transmisión entre otras, con la finalidad de comprender el comportamiento de la red y las repercusiones en las vías. Sobre las que han realizados recomendaciones para el diseño y planificación urbanística de la ciudad. (16)

En la investigación la implementación de una red de sensores y actuadores para la intercomunicación con lugares muy lejanos mediante el uso de dispositivos jennic con códigos que permite la orientación de redes Wireless sensor and actuator Network (WSAN) Una red inalámbrica de sensores y actuadores que se caracteriza por ser de bajo costo y reducir consumo para que la comunicación sea fiable con los terminales de acceso y la función de enviar paquetes a los distintos lugares de difícil acceso terrestre. Con lo que se solucionan el problema de la intercomunicación de flujo de datos de una red remota.

El diseñador y constructor de un semáforo inteligente para controlar el tráfico de la ciudad de Latacunga Mediante un simulador que permita analizar la movilidad del tránsito vehicular, aplicando el uso de un microcontrolador ATMEGAS con lo que logra sincronizar los semáforos lo que también se denomina “olas verdes”.

Para las horas altas y las de baja intensidad Basado en un interruptor que emulan la función de la cámara responsables de evaluar la demanda de tráfico enviando una señal una microcontroladora y con la ayuda de la programación se administra el sistema de forma autónoma (17)

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General.

Diseñar la arquitectura de IoT a utilizar en la implementación de un sistema de semaforización inteligente para la ciudad de Bogotá

1.4.2 Objetivos Específicos.

1. Identificar los componentes necesarios para la implementación de un sistema de semaforización inteligente
2. Identificar las arquitecturas de referencia de IoT que permiten desarrollar el sistema de semaforización inteligente
3. Proponer una arquitectura de IoT que se ajuste a los requerimientos específicos identificados
4. Validar la arquitectura de IoT que cumpla con los aspectos de calidad necesarios para su funcionamiento

1.5 ALCANCES

Para el desarrollo de los objetivos, se dispone de un tiempo equivalente al asignado en el calendario académico de la Universidad Católica de Colombia (UCC) para el desarrollo del primer semestre del año 2019. En el cual se presentará el diseño de una arquitectura de IoT para la semaforización, Para ello se requiere el uso de un computador portátil y acceso a las bases de datos de la Universidad Católica de Colombia, Los recursos económicos y de herramientas serán proporcionados por el desarrollador de este proyecto.

1.6 LIMITACIONES

El desarrollo del diseño ayudaría a la ciudad de Bogotá a tener una gestión automatizada y eficiente de la malla vial, reduciendo significativamente los tiempos de espera en las intersecciones de la ciudad, mejorando la calidad de vida de sus habitantes.

Esta propuesta de grado presenta como limitación el proceso de implementación el diseño propuesto debido a la restricción de tiempo y de escasez de recursos tanto humano como económico para el desarrollo y puesta en marcha del proyecto.

1.7 MARCOS DE REFERENCIA

1.7.1 Marco Conceptual.

IoT.

Internet de las cosas (en inglés, Internet of Things, abreviado IoT) es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con Internet. Alternativamente, Internet de las cosas es la conexión de Internet con más “cosas u objetos” que personas (18).

Semáforos inteligentes.

Son dispositivos de señales que se sitúan en intersecciones viales y otros lugares para regular el tráfico, y por ende, el tránsito peatonal dispone de varias funcionalidades avanzadas para mejorar la seguridad y ayudar en la regulación del tráfico mediante sensores y conectividad.

Arquitectura Tecnológica.

La arquitectura tecnológica recoge el conjunto de decisiones significativas sobre la organización del software, sus interfaces, su comportamiento y su interacción, así como la selección y composición de los elementos estructurales (infraestructura tecnológica). (19)

Intersección vehicular.

Encuentro de segmentos viales para controlar el tráfico mediante semáforos (20).

Protocolos de red.

Conjunto de normas que establecen la comunicación en una red (21).

Topología en estrella.

Es la concentración de un conjunto de dispositivos inalámbrico a un switch (22).

Tecnología LED.

Esta tecnología es utilizada por los semáforos que son unos focos denominados LED y se caracterizan por su bajo consumo de energía, no son incandescentes (23).

1.7.2 Marco Teórico.**Movilidad.**

La movilidad de una ciudad va ligada a la accesibilidad que tienen sus habitantes a actividades y destinos que les permitan obtener ingresos o satisfacer sus necesidades. En las últimas décadas se ha producido un aumento de la movilidad el espacio público está tomado por los coches privados, la calle tradicional se convierte en vía de circulación. Las grandes ciudades y metrópolis modernas comparten problemas relativos a los accidentes de tránsito, la congestión vehicular, la contaminación atmosférica y acústica, junto con las desigualdades sociales derivadas de este modelo. (24)

En torno a estos graves hechos ha surgido una literatura económica, no exenta de crítica, cuyo objetivo es cuantificar los costos externos del transporte. Al mismo tiempo, los aspectos relativos a la sostenibilidad, la accesibilidad y la exclusión social se han incorporado a los estudios científicos de movilidad. En la política local, la movilidad urbana sostenible se ha convertido en uno de los pilares de la mejora de la calidad de vida. (25)

IoT.

La teoría de internet de las cosas brinda La posibilidad de interconectar objetos cotidianos con Internet, tener una casa inteligente o programar tareas de manera remota es una realidad que en la actualidad es posible gracias al internet de las cosas (IoT, por su sigla en inglés de Internet of Things)

La teoría del internet de las cosas aplicada en los semáforos en la ciudad de Bogotá para así lograr el control del tránsito vehicular para ello se requiere de una infraestructura inalámbrica e inteligente que detecte a los infractores de las leyes de tránsito y sus normas, de igual forma controlar la circulación de los automotores en forma ordenada sin perjuicio a la comunidad. La red de sensores inalámbricos se fundamenta en una infraestructura vial mejor diseñada, que descongestione el tránsito en calles secundarias para ello se utilizará dispositivos inalámbricos de comunicación y transmisión de señal mediante canales de transmisión con el apoyo de internet y sus protocolos TCP/IP. (26)

Red de cámara IP inalámbrica.

Es un conjunto de dispositivos interconectados que sirven para la captura de imágenes y transmisión en tiempo real al CCT “Centro de Control del Tráfico) desde cada intersección de tránsito. Las cámaras tienen un sensor para enviar la información al CCT. (27)

Teoría del control del tránsito.

Debido a que el tráfico vehicular es ocasionado debido a varios factores se hace necesario un centro de control de tránsito, el cual está encargado de optimizar el tráfico de acuerdo con la información enviada por los dispositivos interconectados en la red de semáforos inteligentes Aplicando principios de movilidad sobre las colas en las principales vías y las que se han asignado para el descongestionamiento, en especial las que se consideran horas pico. (28)

El CCT tendrá las siguientes funciones:

- a. Monitorear el tráfico durante las 24/7 a la semana.
- b. Priorizar las colas de vehículos dándole más tiempo para moverlas.
- c. Evitar la congestión, desviando los vehículos a calles secundarias mediante mensajes en tiempo real.
- d. Proteger a los dispositivos de la red mediante el uso de sensores inalámbricos.
- e. Contar los vehículos que circulan por las vías para realizar estadísticas sobre el comportamiento vehicular en cada sector.

1.7.3 Marco Jurídico.

Este tipo de semáforos generalmente se compone de dos unidades separadas: una caja a prueba de agua que acoge el circuito de control electrónico, el suministro de energía y el micrófono del monitor, más un botón pulsador audio táctil ensamblado. El dispositivo tradicional brinda facilidades auditivas y táctiles; emite una señal auditiva continua para ayudar la identificación y la ubicación del botón pulsador; una señal diferente, tanto auditiva como táctil, para avisar que ya es posible caminar, y controles de sonido que se ajustan automáticamente al sonido ambiente.

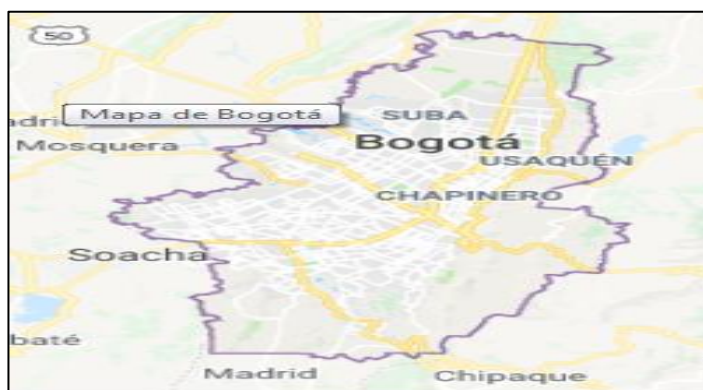
La Ley 769 del 6 de agosto de 2002, aparecida en el Diario Oficial número 44.893 del 7 de agosto de 2002, contiene algunos errores de transcripción, que obligan a publicarla de nuevo en su totalidad. Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones (29).

RÉGIMEN JURÍDICO DEL TRÁNSITO TERRESTRE EN COLOMBIA “*documento que recoge con admirable cuidado, rigor y claridad, la extensa normativa aplicable al tránsito en el país. Esta compilación actualizada complementa las normativas de tránsito y transporte presentado al país hace corto tiempo. Busca contribuir a una mayor difusión de la normativa vigente para incentivar su conocimiento y por supuesto, observancia, de parte de transportadores y empresarios. Así mismo, busca ser un instrumento para respaldar las acciones de vigilancia y control que ejercen las distintas autoridades a nivel local y nacional*” (30)

1.7.4 Marco Geográfico.

El proyecto se desarrollará en la ciudad de Bogotá.

Ilustración 1 Mapa de la ciudad de Bogotá



Fuente: <https://maps.google.com/>

1.8 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del documento se toma como fundamento el desarrollo mediante una metodología Agile donde se identifica el estado actual, y de acuerdo con este resultado se identifican las cosas que se pueden mejorar. Se realiza un diseño de la solución que se pretende ofrecer para solucionar el problema planteado inicialmente finalmente se realiza la simulación de como funcionaria la herramienta en donde se obtendrá un resultado de acuerdo a los parámetros iniciales.

Ilustración 2 Metodología Ágil



Fuente: <https://i0.wp.com/justdigital.agency/wp-content/uploads/2017/03/Methodologia-agile.png?w=750&ssl=1>

1.8.1 Tipo de Estudio.

Estudio Descriptivo.

Un estudio descriptivo es un tipo de metodología a aplicar que permite analizar un fenómeno durante un periodo de tiempo establecido para deducir un bien o circunstancia que se esté presentando, Los estudios descriptivos se centran en recolectar datos que describan la situación. (31).

El proyecto se enfoca en resolver una de las necesidades de las grandes ciudades, que es el flujo vehicular a gran escala, donde se va a describir desde un comienzo los requerimientos para el desarrollo del proyecto y el funcionamiento de los semáforos inteligentes. Se enfocó en buscar una solución a la problemática de movilidad en la ciudad de Bogotá.

Tipo de metodología.

Cualitativa, El desarrollo de este proceso se basa en los procesos individuales de cada sensor para manifestar las variables de tiempo, por lo cual no es parte fundamental del proceso que se busca resolver, un dato estadístico o un valor cuantitativo. (32)

1.8.2 Fuente de Información.

Primarias

Entrevista realizada en la ciudad de México al doctor Víctor Rangel que es el jefe del departamento de ingeniería de telecomunicaciones, donde dio a conocer el modelo de conectividad que se utiliza en la universidad para afrontar el tema de IoT.

Secundarias

Publicaciones sobre información alterna sobre proyectos de semaforización que ya se han desarrollado en otros países y así lograr obtener las arquitecturas de referencia con las cuales se implementó.

1.9 DISEÑO METODOLÓGICO

1.9.1 Técnicas e Instrumentos.

La observación, en el desarrollo de este proyecto depende del conocimiento y exploración del manejo de tiempos en los semáforos, Esto mediante un seguimiento directo del proceso que actualmente se realiza.

La entrevista, debido a que, en el proceso de identificación y caracterización del funcionamiento de los semáforos, por eso es necesario conocer cómo se gestionan por el área encargada. Mediante entrevistas y preguntas de cómo usan el sistema (33).

1.9.2 Validación por Expertos.

El juicio de expertos es un método de validación útil para verificar la fiabilidad de una investigación que se define como “una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados, a través de esta validación se garantizara que la arquitectura de IoT propuesta cumpla con los aspectos de calidad necesarios para su correcto funcionamiento”.

1.9.3 Recolección de Datos.

La metodología en el proceso de recolección de información y los requerimientos que se necesiten en el desarrollo para el diseño que cumpla con los estándares de funcionalidad.

Entrevista: la entrevista presenta un alcance de todos los stakeholder involucrados en el sistema, mediante una serie de preguntas realizadas a los entes regulatorios de la movilidad en Bogotá. Los objetivos de estas entrevistas estarán centrados en la caracterización del proceso que actualmente tienen los semáforos, su funcionamiento y así lograr identificar la problemática (34)

Los registros sobre la movilidad de la ciudad permitirán identificar las causas de la problemática, que tiene la población que transita en un medio automotor en la ciudad de Bogotá referente a la movilidad y en flujo vial, esto me permitirá identificar los requerimientos que tiene la ciudad a nivel de infraestructura.

2. SISTEMA DE CONTROL DE TRÁNSITO EN BOGOTÁ

Sistema de control de Tránsito es un sistema que permite gestionar y sincronizar los semáforos de una ciudad de manera eficiente, sencilla y segura, utilizando las últimas tecnologías para controlar y configurar cada semáforo. Es extensible, adaptable y altamente escalable, es la solución ideal para ordenar el tránsito de pequeñas, medianas y grandes ciudades (35).

2.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TRÁNSITO

Un sistema de control de tránsito se compone por:

- **Control Semafórico**
- **Equipo de Control local**
- **Acometida Eléctrica**
- **Semáforos**
-

En la siguiente imagen se identifican dichos componentes cómo funcionan en la actualidad.

Ilustración 3 Componentes de un sistema de control



Fuente: https://sensefields.com/wp-content/uploads/2018/01/ur_microregulacion.jpg

a. Control Semafórico

El centro de control cuenta con equipos que realizan la conexión entre él y el equipo de control en la intersección, cuenta con los equipos y un panel del sector para realizar el monitoreo de las intersecciones, su función es verificar el funcionamiento de los semáforos y realizar las programaciones necesarias en los equipos de control.

Ilustración 4 Centro de Control de Bogotá



Fuente: <http://www.eltiempo.com/contenido//bogota/IMAGEN/IMAGEN-16466322-2.png>

b. Equipo de Control local

Este equipo controla los semáforos de la intersección, la programación se realiza dependiendo del tipo tecnología, por diodos o por el controlador de código, funciona con energía suministrada por una acometida eléctrica, su función es controlar los semáforos de acuerdo con la programación que tenga o que sea enviada desde la central de control.

Ilustración 5 Equipo de Control local.



Fuente: <http://www.semaforos.net/imagenes/slider4.jpg>

c. Acometida Eléctrica

Su función es suministrar energía al equipo de control y los semáforos en caso de pérdida de energía tanto el equipo de control y el semáforo quedarán sin abastecimiento eléctrico.

Ilustración 6 Acometida eléctrica subterránea en alta tensión



Fuente: <https://homeseecurity.press/quotes/diagrama-unifilar-electrico-para-subestacion.html>

d. Semáforos

Su función es mostrar tres colores que indicaran si el vehículo debe detenerse o debe parar, recibe energía de una acometida eléctrica y el control de este lo realiza el equipo de control.

Ilustración 7 Semáforo de Bogotá,



Fuente: <https://www.semana.com/nacion/articulo/licitacion-de-los-semaforos-inteligentes-en-bogota/552068>

Red y Conexiones de Bogotá

Las conexiones entre los equipos de control en las intersecciones y el Centro de control se realizan por una red de interconexión telefónica adyacente a la de ETB (Empresa Telefónica de Bogotá).

La conexión se realiza por par trenzado por línea telefónica, la conexión no puede ser superior a 5.5 Km del equipo de control, a la central de control sea Chico, Muzú o Paloquemao, si supera esta distancia la intersección queda aislada de las centrales de control y el resto de las intersecciones, el equipo de control se encarga de que no hayan choques, y la programación semanal la hacen manualmente, además esto implica que el semáforo no podría enviar información de su estado actual, para saber si funciona se debe visitar periódicamente lo que implica un gasto bastante alto en cada intersección aislada.

Ilustración 8 Rack de Comunicación en una central de control

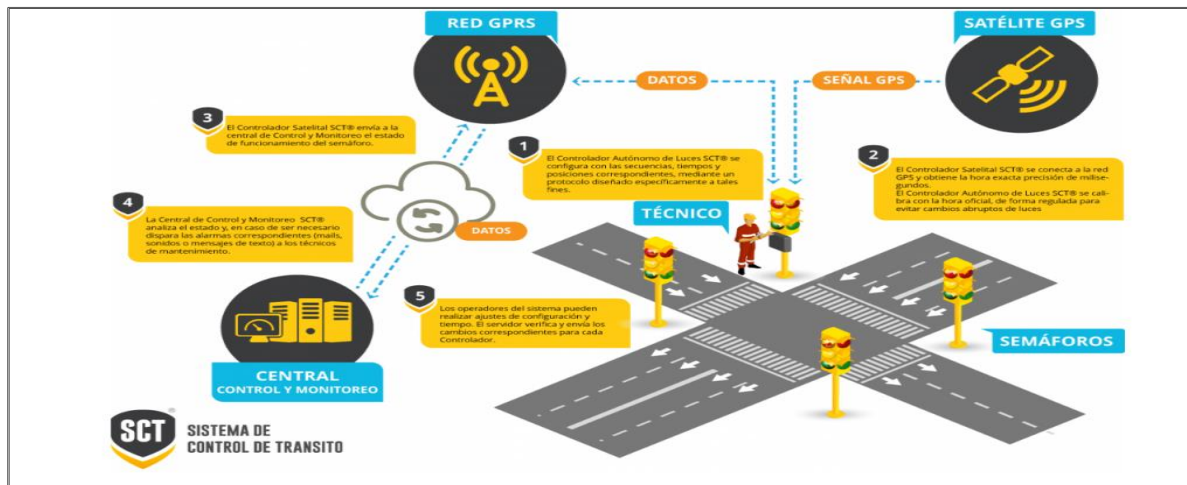


Fuente: <http://www.bogota.gov.co/temas-de-ciudad/movilidad/la-secretaria-de-movilidad-investiga-sobre-la-licitacion-de-semaforizacion>

2.2 FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TRÁNSITO

En la imagen se observa el funcionamiento de un sistema de control de tránsito.

Ilustración 9 Sistema de control de Tránsito



Fuente: <http://www.sctvial.com/>

El funcionamiento de un sistema de control de tráfico se encuentra atado a la variación del flujo de vehículos durante diferentes períodos de tiempo, deben ser considerados varios parámetros. Debido a que estos parámetros se concentran en: flujo de vehículos, vehículos de emergencia, horas pico, accidentes, personas importantes y el cierre de cualquier camino entrante. El sistema consiste en que muchos subsistemas trabajan en juntos bajo ciertos roles con el fin de aumentar la eficiencia general del sistema. (36)

2.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE

Un sistema de semaforización inteligente se caracteriza por suplir con las siguientes necesidades y garantizar el funcionamiento del sistema (37)

- Asistencia de accidentes.
- Sala de situación.
- Monitoreo sistemas de foto detección.
- Monitoreo CCTV
- Control de patrullas
- Integración con policía, bomberos y ambulancia.
- Paneles de mensaje variable
- Semaforización
- Estadísticas de tráfico

2.4 DISPOSITIVOS DE UN SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE

Sensor de Movimiento

Es un dispositivo electrónico que responden a un movimiento físico. Se encuentran generalmente en sistemas de seguridad o en circuitos cerrados de televisión.

Sensor de tráfico U-Flow

U-Flow es un sensor inalámbrico de tráfico alimentado por batería, que detecta activamente y en tiempo real el volumen de vehículos, la ocupación y velocidad media de los automóviles que pasan por una vía o carril y los clasifica por tamaños y velocidades. (38)

RFID.

Es un sistema que sirve para captar y guardar información de los Tag o transponder, su objeto principal es identificar y transmitir la identidad de un objeto mediante ondas de radiofrecuencia para lo cual utiliza en cada etiqueta antenas con la finalidad de recibir y enviar información solicitada. (39)

Controladores inalámbricos de semáforos inteligentes.

Son dispositivos que juntos con los semáforos controlan la circulación de los automotores en las intersecciones de tránsito, ya que ellos contienen la programación, planes, horarios, cambios de planes, formación de olas verdes, control de la circulación de los vehículos y peatones según volumen real, etc. (40)

Antenas receptoras y transmisoras.

Son dispositivos que permiten la transmisión o recepción de señales de radio que se distinguen por el alcance. (41)

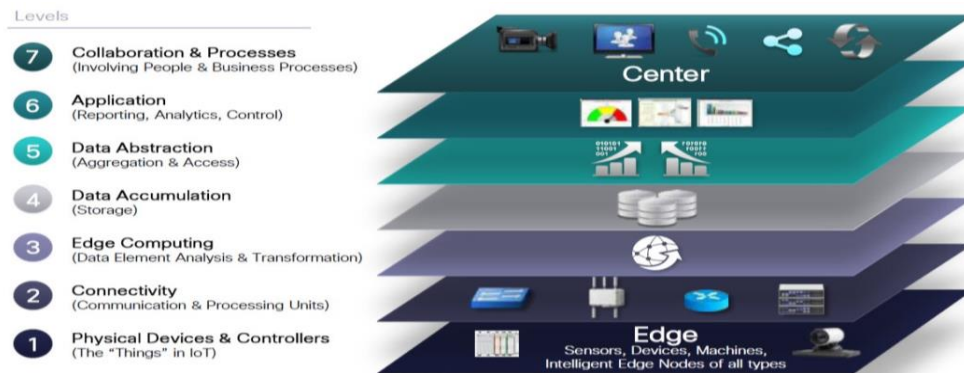
Repetidores de frecuencia.

Son dispositivos encargados de trasladar la señal captada hasta llegar al centro de control en la que procederá procesarla. (42)

3. ARQUITECTURA DE REFERENCIA

Se identifican las arquitecturas de referencia de IoT de proveedores como IBM e INTEL donde recomiendan como debe ser la implementada una arquitectura de IoT, adicionalmente se toma como base las arquitecturas implementadas en otras ciudades y países mediante las cuales se pretende dar soporte a los sistemas inteligentes de semaforización en la ciudad de Bogotá. (43)

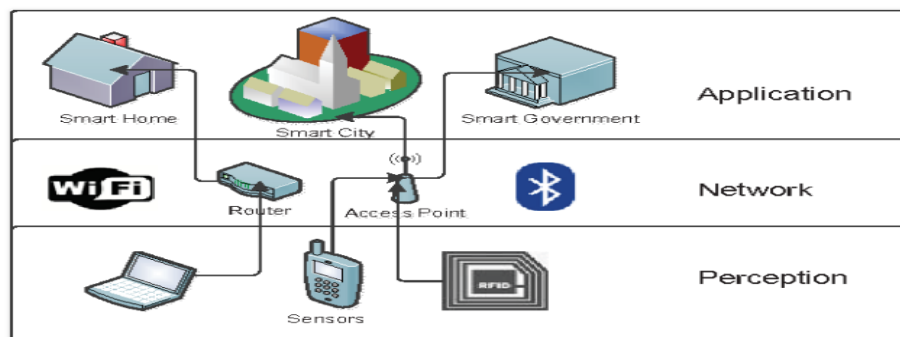
Ilustración 10 Arquitectura de solución de IoT IBM



Fuente: <https://www.cloudtp.com/wp-content/uploads/2016/05/MK-IoT-Graphics.jpg>

De acuerdo al modelo r cumplen con el modelo de referencia del foro mundial del IoT en donde una arquitectura con múltiples niveles permite concentrarse en mejorar su comprensión acerca de cómo los aspectos más importantes de la arquitectura funcionan, antes de que sean integrados dentro de su aplicación de IoT. (44)

Ilustración 11 Arquitectura del IoT

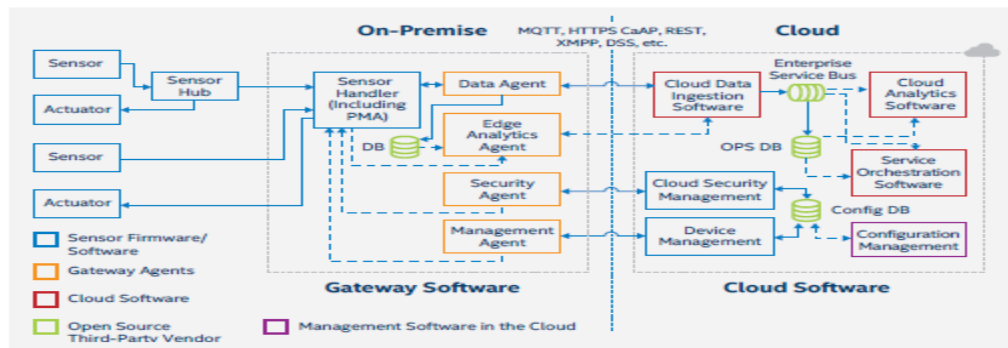


Fuente: <https://ai2-s2-public.s3.amazonaws.com/figures/2017-08-08/add4396a95b96927dbef194b2657800312553e21/2-Figure1-1.png>

Mediante esta ilustración se identifica el esquema básico de IoT que consta de una capa de aplicación que denominamos capa física, una capa de red y conexiones y por último la vista del usuario final.

Intel muestra los principales componentes e interfaces de software en la arquitectura de referencia de Intel para IoT para la conexión de dispositivos mediante un Software y posteriormente el almacenamiento en una base de datos, mediante la arquitectura propuesta por Intel se aborda el tema de conectividad y enlace físico.

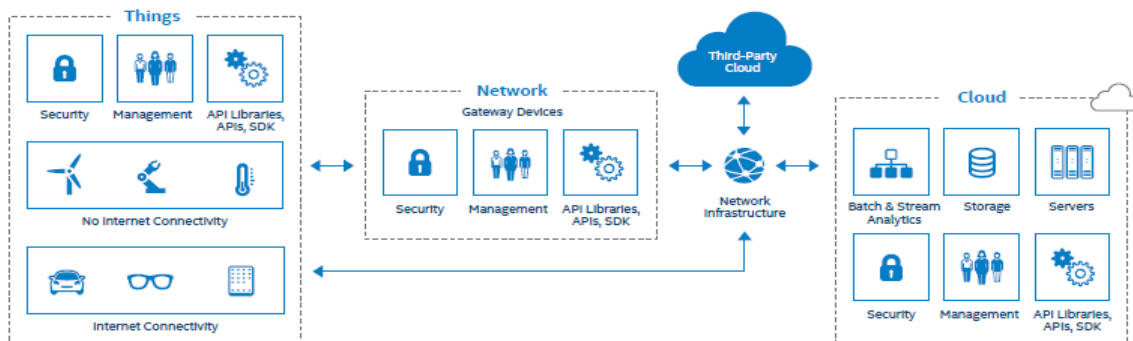
Ilustración 12 Arquitectura de referencia de IoT de Intel



Fuente: <https://www.intel.com.au/content/www/au/en/internet-of-things/white-papers/iot-platform-reference-architecture-paper.html>

Para el desarrollo del proyecto se tomará como referencia la arquitectura planteada por Intel para la infraestructura de IoT Para el año 2020, donde propone que la información se obtenga mediante el uso de sensores, luego se realice un procedimiento analítico y finalmente se almacene en una nube en lo que comúnmente se denomina Internet de las cosas (IoT) y donde se espera que se conecten más de 50 mil millones de dispositivos.

Ilustración 13 Solución de IoT Cloud extremo a extremo



Fuente: <https://www.intel.com.au/content/www/au/en/internet-of-things/white-papers/iot-platform-reference-architecture-paper.html>

En esta línea, Intel, en colaboración con sus socios del ecosistema, definió una especificación de arquitectura de sistema (SAS) para conectar casi cualquier tipo de dispositivo a la nube, desarrollar e implementar soluciones IoT de acuerdo con cinco principios clave.

- Infraestructura de IoT Gestión de datos y dispositivos desde la infraestructura de Cloud.
- Análisis en tiempo real, perspicaces y seguros mediante IoT en la nube
- Descubrimiento automatizado y control para mejorar la interoperabilidad
- Amplia compatibilidad con normalización de protocolos mediante la configuración de dispositivos de caja a nube con sistemas de control de bucle cerrado en tiempo real de dispositivos
- Seguridad de clase mundial para proporcionar la protección de datos y dispositivos mediante una protección robusta de hardware y software

3.1 SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN PARA LA CIUDAD DE PASTO

El proyecto en la ciudad de pasto finalizo en año 2015 con 3 años de mantenimiento inicial este es el sistema más avanzado en materia de tráfico urbano en Colombia entorno a la movilidad el sistema se enfoca en brindar la mayor seguridad a todos los actores de la movilidad desde el peatón y todos los tipos de vehículos que transitan en la ciudad disminuyendo los tiempos de viaje y optimizando el desempeño de la malla vial y permitiendo una reorganización del tráfico.

ARQUITECTURA

El proyecto se compone de 75 Intersecciones semaforizadas. + 4 Intersecciones Adicionales, 3 Pasos peatonales sanforizados, 4 paneles de mensajería variable. Un centro de control y operación, 96 Detectores vehiculares y 12 Dispositivos sonoros. La arquitectura implementada en la ciudad se puede evidenciar en la siguiente ilustración.
(45)

Ilustración 14 Componentes control del tráfico en la ciudad de pasto



Fuente: <https://www.avante.gov.co/operaciones/semaforizacion>

COMPONENTES

En el desarrollo del proyecto de semaforización de la ciudad de san juan de pasto en Colombia en la arquitectura propuesta se identificaron los siguientes componentes mediante la capa física:

- Semáforos Vehiculares
- Semáforos Peatonales
- Semáforos Peatonales Flashes
- Dispositivos Sonoros
- Botones de Demanda
- Paneles de Mensajería Variable
- Detectores Vehiculares
- Controlador Local

FUNCIONAMIENTO

El sistema de control de tráfico implementado en la ciudad de pasto permitió que a través de los puntos de medidas implementadas y mediante los sensores de tráfico se definieran 16 planes de horarios los cuales sirven para optimizar el flujo vehicular dependiendo de la hora y el día cambiando el ciclo y las fases, lo puntos de medida recolectan datos y se lleva a cabo un análisis estadístico, lo cual me permite generar graficas de los niveles de ocupación, intensidad, carga, velocidad y obtienen resultados diarios. (46)

Se utilizaron dos tipos de semáforos, vehiculares y peatonales que se encuentran interconectados y mediante una coordinación se logran visualizar los tiempos que tiene el peatón para cruzar mediante un semáforo flashes, de igual manera se contempló el uso de dispositivos sonoros para las personas que sufren alguna discapacidad visual que son soportados sobre un botón de demanda que envían una señal de demanda de paso peatonal

Mediante las controladoras locales se regula los grupos semaforicos de cada cruce vial y son capaces de operar de forma autónoma mediante una conexión con el centro de control, se conecta con aplicación web llamada ADIMOT en la cual se generan reportes estadísticos y gráficas de promedios semanales, dando a conocer cómo se comporta el tráfico en la ciudad, si por alguna circunstancia se debe parar el tráfico en alguna parte de la malla vial, se pueden programar los semáforos en estado de emergencia y mediante los paneles de mensajería variable las personas que transitan por la vía observen en tiempo real los mensajes de utilidad sobre el control del tránsito.

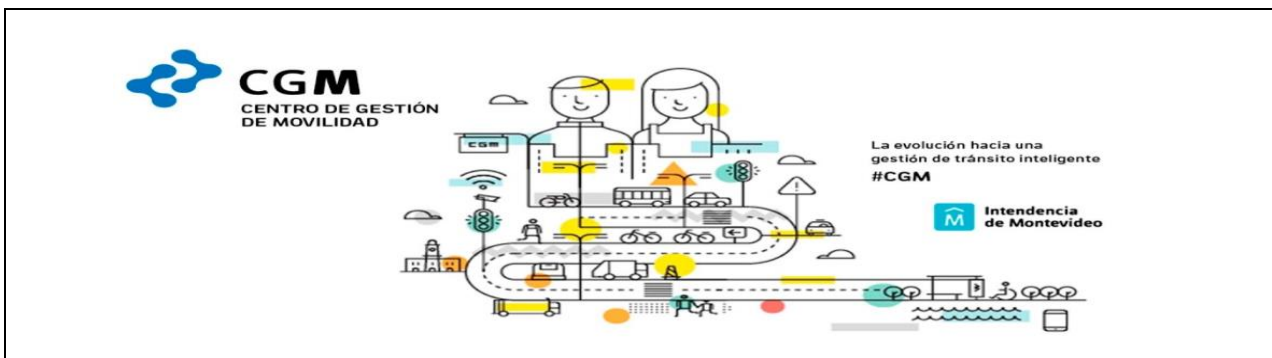
3.2 CENTRO DE GESTIÓN DE LA MOVILIDAD PARA MONTEVIDEO EN URUGUAY

El centro de gestión de la movilidad en la ciudad de Montevideo en Uruguay se da inicio en el año 2006 mediante el plan de movilidad urbana para implementar diversos sistemas inteligentes de transporte aplicados a la administración y gestión del control del tránsito todo esto administrado por un centro integrado de operación y control de la malla vial.
(47)

ARQUITECTURA

El proyecto está compuesto por 272 cruces semaforizados centralizados los cuales cuentan con 204 cámaras para conteo vehicular, 89 cámaras para monitoreo de Tránsito y mediante 41 puntos de control de velocidad y luz roja apoyados de 43 sensores inalámbricos para conteo y 4 paneles de mensajería variable. (48)

Ilustración 15 Centro de gestión de movilidad en Montevideo



Fuente: <http://www.montevideo.gub.uy/centro-de-gestion-de-movilidad-el-Tránsito-en-montevideo>

COMPONENTES

En el desarrollo del proyecto de semaforización de la ciudad de Montevideo en Uruguay en la arquitectura propuesta se identificaron los siguientes componentes mediante la capa física:

- Semáforos Vehiculares
- Semáforos Peatonales
- Semáforos Peatonales Flashes
- Dispositivos Sonoros
- Botones de Demanda
- Paneles de Mensajería Variable
- Detectores Vehiculares inalámbricos
- Controlador Local
- Cámaras de monitoreo de Tránsito

CARACTERISTICAS

El proyecto se desarrolla con el fin de mejorar la calidad de vida de la ciudadanía a través de la implementación de un centro de gestión de la movilidad (CGM) con ITS que atenderá toda la ciudad y permitirá la operación semafórica, y suministrar información al usuario del estado de la malla vial, el CGM permitirá una reducción en los tiempos de viaje incrementar la velocidad de los corredores preferenciales y brindar información en tiempo real. (49)

El diseño conceptual de la arquitectura incluye la gestión del tránsito, comunicaciones, mediciones de tránsito y monitoreo, planificación mediante la información obtenida de los sensores de tráfico, a su vez el Equipamiento (centro de datos, controladores, sensores y cámaras de circuito cerrado de televisión (CCTV), fiscalización radar, mensajería variable y sensores inalámbricos).

4. ARQUITECTURA PROPUESTA

Para la elección de la arquitectura propuesta se tomó como referencia en el borrador de la norma **IEEE P2413 - Estándar para un marco arquitectónico para la Internet de las cosas (IoT)** (50) donde se identifican las diferentes capas de aplicaciones verticales, sus relaciones y los atributos tecnológicos para su funcionamiento en la nube, mediante las tecnologías informáticas de vanguardia enfocándose en el análisis de grandes volúmenes de datos, y se define un centro de control del sistema de semaforización del tránsito para administrar la ciudad, de igual manera con la investigación realizada en varias de las ciudades donde ya existe la implementación de un sistema inteligente de transporte se definen los requerimientos funcionales no funcionales y casos de uso que debe tener una arquitectura basada en IoT para la semaforización en Bogotá

4.1 DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Funcionamiento

De acuerdo con las arquitecturas de referencia abordadas se define que para tener un control total del sistema se debe realizar mediante una plataforma integral que abarque los módulos de control y configuración y me permita generar estadísticas de los logs generados por el sistema y cada control de cambios.

Operatividad

El sistema debe ser capaz de actualizar los tiempos iniciales del semáforo mediante una simulación de tráfico vehicular que puede ser obtenida mediante herramientas como Synchro 8, capturando la densidad del tráfico utilizando los sensores de tráfico ubicados en cada semáforo y determinar la cantidad de vehículos sobre la vía, esta información debe ser almacenada para generar estadísticas sobre la densidad del tráfico de la ciudad en un periodo de tiempo determinado.

Con los datos obtenidos por los sensores se determinan las intersecciones prioritarias es decir con mayor flujo vial y se determinan los tiempos rojo-amarillo-verde que se deben aplicar a cada semáforo con el fin de disminuir la densidad de tráfico la cual está clasificada en Alta, media y baja, se debe calcular el impacto de la decisión tomada para no afectar otra intersección de la malla vial esto se realiza a través del aprendizaje del algoritmo a utilizar.

4.1.1 Requerimientos específicos

Para elegir una arquitectura adecuada se debe tener en cuenta los siguientes requerimientos que debe cumplir.

- Comunicaciones y conectividad
- Gestión y control de dispositivos
- Captación, análisis y actuación de la información
- Escalabilidad
- Alta disponibilidad
- Análisis predictivo
- Integración

4.2 INVENTARIO DE REQUERIMIENTOS Y CASOS DE USO

De acuerdo a la operatividad del sistema se identifican los siguientes requerimientos funcionales, no funcionales y casos de uso que soportan la arquitectura IoT para la Prestación del Servicio de Semaforización Inteligente en Bogotá.

Se muestran los requerimientos que representan las funcionalidades del sistema

Tabla 1 Requerimientos funcionales Fuente: El Autor

Identificador	Nombre
RF – 1	Ejecutar aplicación SIT
RF – 2	Administrar Semáforo
RF – 3	Visualización Trafico Vial
RF – 4	Parámetros Iniciales
RF – 5	Administrar Semáforo
RF – 6	Restablecer Valores
RF – 7	Visualizar Log de eventos
RF – 8	Guardar Log de eventos
RF – 9	Visualizar estadísticas de trafico
RF – 10	Administrar Paneles de trafico

4.3 INVENTARIO REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

Tabla 2 Requerimientos no funcionales Fuente: El Autor

Requerimientos no Funcionales	
Requerimientos de Nivel de Servicio	
Nombre	Descripción
Disponibilidad	Se necesita que el sistema esté disponible 24/7 los 365 días del año, pero puede caerse solo 20 horas durante el año que corresponden al mantenimiento establecido.
Rendimiento	El sistema debe garantizar un rendimiento de 10 billones de operaciones por segundo.
Seguridad	El sistema debe descartar las solicitudes si su cantidad supera las 1000 transacciones por minuto.
Atributos de Calidad	
Nombre	Descripción
Confiabilidad	El sistema debe ser fiable y cumplir con su propósito
Persistencia	Define como los datos deben ser guardados de manera permanente

4.3.1 Características de los actores

Tabla 3 Actores del Sistema Fuente: El Autor

Nombre	Descripción
Usuario	Hace referencia a los usuarios que se registran en la plataforma a la plataforma con mayor nivel de privilegios. Estos pueden de forma exclusiva: <ul style="list-style-type: none"> • Activa o inactivar usuarios • Crear, editar e inactivar categorías y subcategorías. • Rechazar documentos borradores.
Sistema	Hace referencia a las decisiones autónomas del Centro de control de tránsito.

4.4 ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS Y CASOS DE USO

De acuerdo a la operatividad del sistema de control de tránsito para la ciudad de Bogotá se describen a continuación los siguientes requerimientos funcionales, no funcionales y sus respectivos casos de uso con sus características esenciales se toma como base el trabajo de grado *MODELO DE UN SISTEMA DE SEMAFORIZACION INTELIGENTE EN LA CIUDAD DE BOGOTA PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE RECORRIDO DEL SISTEMA TM* realizado por el estudiante *FRANZ JOSEPH ROGELEZ CARVAJAL* en el año 2012 donde se obtienen requerimientos que se ajustan al modelo planteado.

4.4.1 Requerimientos funcionales.

Tabla 4 RF-1 Fuente: El Autor

ID	RF – 1
Nombre	Ejecutar SIT
Descripción	Inicia la aplicación mediante la solicitud del usuario
Prioridad	Alta
Inicio	Inicio de la aplicación, generación de interfaces y módulos.
Fin	Se debe iniciar la ejecución de la simulación según el valor de las variables ingresadas.
Actor	Usuario

Tabla 5 RF-2 Fuente: El Autor

ID	RF – 2
Nombre	Administrar Semáforo
Descripción	Administrar los tiempos de los semáforos dependiendo de las variaciones en la densidad del tráfico en la malla vial.
Prioridad	Alta
Inicio	Se administran los tiempos de los semáforos, actualizando tiempos dependiendo de las decisiones del sistema.
Fin	Cambios de tiempos en los semáforos
Actor	Sistema

Tabla 6 RF-3 Fuente: El Autor

ID	RF – 3
Nombre	Visualización Trafico Vial
Descripción	Representación Gráfica de la malla vial
Prioridad	Alta
Inicio	Inicia el proceso de visualización
Fin	Muestra los automóviles generados como variables y con independencia en el sistema
Actor	Sistema

Tabla 7 RF-4 Fuente: El Autor

ID	RF – 4
Nombre	Consultar Parámetros Iniciales
Descripción	Muestra la configuración actual de cada semáforo
Prioridad	Alta
Inicio	Ubica el semáforo
Fin	Mostrar gráficamente los tiempos actuales en cada semáforo, ROJO- VERDE- AMARILLO
Actor	Sistema

Tabla 8 RF-5 Fuente: El Autor

ID	RF – 5
Nombre	Administrar Semáforo
Descripción	Configura los tiempos de los semáforos
Prioridad	Alta
Inicio	Ubica el semáforo
Fin	Cambiar la configuración de los tiempos actuales (rojo-verde-amarillo) de los semáforos
Actor	Sistema

Tabla 9 RF-6 Fuente: El Autor

ID	RF – 6
Nombre	Restablecer Valores
Descripción	Coloca los tiempos por defecto de cada parámetro
Prioridad	Alta
Inicio	Coloca los tiempos manualmente en el parámetro por defecto de los semáforos.
Fin	Tiempos por defecto en el semáforo
Actor	Usuario

Tabla 10 RF-7 Fuente: El Autor

ID	RF – 7
Nombre	Visualizar Log de eventos
Descripción	Mostrar el log de cambios en pantalla
Prioridad	Alta
Inicio	Consultar el log del sistema
Fin	Mostrar el log de cambios del sistema
Actor	Sistema

Tabla 11 RF-8 Fuente: El Autor

ID	RF – 8
Nombre	Guardar Log de eventos
Descripción	Guarda en un archivo de texto lo cambios hechos en el sistema
Prioridad	Alta
Inicio	Exportar todos los cambios del sistema a un archivo
Fin	Archivo de texto generado
Actor	Sistema

Tabla 12 RF-9 Fuente: El Autor

ID	RF – 9
Nombre	Mostrar Estadísticas de trafico
Descripción	Muestra los cambios de la densidad del tráfico.
Prioridad	Alta
Inicio	Mostrar gráficamente los datos de la densidad del tráfico, pasada, presente o futura
Fin	Las gráficas del tráfico en pantalla.
Actor	Sistema

Tabla 13 RF-10 Fuente: El Autor

ID	RF – 10
Nombre	Administrar Paneles de trafico
Descripción	Administra la información que se mostrara en los paneles de la malla vial
Prioridad	Alta
Inicio	Priorizar los mensajes de la malla vial
Fin	Muestra los mensajes del tráfico en los paneles.
Actor	Sistema

4.4.2 Requerimientos no Funcionales.

Tabla 14 RNF-1 Fuente: El Autor

ID	RNF – 1
Nombre	Disponibilidad
Tipo	Atributo de Calidad
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema debe tener disponibilidad 7 días 24 horas a la semana.
Criterios de Aceptación	Se necesita que el sistema esté disponible 24/7 los 365 días del año, pero puede caerse solo 20 horas durante el año (offline). Para realizar reparaciones se necesitan 23.2 horas al año lo cual equivale a 43.2 horas offline al año.

Tabla 15 RNF-2 Fuente: El Autor

ID	RNF – 2
Nombre	Rendimiento
Tipo	Atributo de Calidad
Prioridad	Alta
Descripción	El sistema debe garantizar un rendimiento óptimo en las operaciones involucradas.
Criterios de Aceptación	El sistema debe tener un tiempo de respuesta mínimo, en promedio para las operaciones involucradas debe ser de 3 segundos ya que son operación de alto riesgo y que necesita un alto tiempo de respuesta

Tabla 16 RNF-3 Fuente: El Autor

ID	RNF – 3
Nombre	Seguridad
Tipo	Atributo de Calidad
Prioridad	Critico
Descripción	El sistema debe permanecer funcional ante un ataque de denegación del servicio.
Criterios de Aceptación	El sistema debe descartar las solicitudes si su cantidad supera las 1000 transacciones por minuto.

Tabla 17 RNF-4 Fuente: El Autor

ID	RNF – 4
Nombre	Desempeño
Tipo	Atributo de Calidad
Prioridad	Critico
Descripción	En la eficiencia de un sistema en el cumplimiento de sus tareas en cualquier ambiente
Criterios de Aceptación	En un momento de alerta, El sistema debe tener una eficiencia mínima del 70% en comparación con su estado normal

Tabla 18 RNF-5 Fuente: El Autor

ID	RNF – 5
Nombre	Usabilidad
Tipo	Atributo de Calidad
Prioridad	Critico
Descripción	Es la facilidad con la que el usuario es capaz de aprender a operar el sistema
Criterios de Aceptación	El sistema usa Responsive Design como una serie de prácticas aplicadas al diseño web que le permiten al usuario acceder a un sitio web desde diferentes medios como dispositivos móviles, Tablet, pantallas wide y diferentes resoluciones en las computadoras, esto partiendo de la base que todo diseño web debe estar centrado en la experiencia del usuario al momento de acceder a un sitio web.

Tabla 19 RNF-6 Fuente: El Autor

ID	RNF – 6
Nombre	Confiabilidad
Tipo	Atributo de Calidad
Prioridad	Critico
Descripción	El sistema debe ser fiable y cumplir con su propósito
Criterios de Aceptación	Debe ser un sistema supremamente confiable, ya que algún fallo, podría causar un error en el flujo de la información, muy perjudicial para la empresa y para su sistema de gestión de calidad. Se garantiza la integridad de la información en la inserción y modificación de datos

Tabla 20 RNF-7 Fuente: El Autor

ID	RNF - 7
Nombre	Persistencia
Tipo	Atributo de Calidad
Prioridad	Critico
Descripción	Define como los datos son guardados en la aplicación de manera permanente.
Criterios de Aceptación	La información debe estar almacenada y se debe garantizar su procedencia y permanecer disponible para ser consultado en todo momento.

4.5 CASOS DE USO

Tabla 21 CU-001 Fuente: El Autor

Código	CU – 001
Nombre	Iniciar Sistema
Prioridad	Alta.
Descripción	Inicio de la ejecución del sistema
Entradas	1. Parámetros iniciales.
Proceso:	<u>FLUJO NORMAL</u> 1. Usuario: Solicitud del usuario para iniciar 2. Sistema: Carga Parámetros 3. Usuario: Carga las interfaces de usuario, inicia la simulación 4. Sistema: Muestra la simulación de vehículos y los semáforos de la ciudad. 5. Usuario: Genera log en la base de datos
Salidas:	1. Inicio del sistema de control de Tránsito

Ilustración 16 CU 001 INICIAR SISTEMA

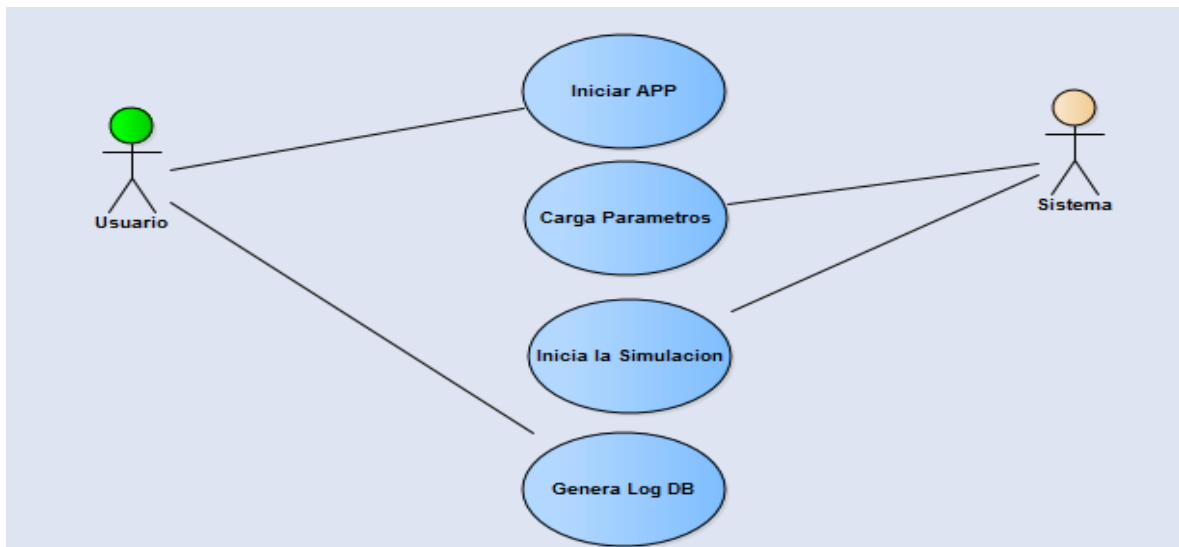


Tabla 22 CU-002 Fuente: El Autor

Código	CU – 002
Nombre	Inicializar parámetros
Prioridad	Alta.
Descripción	Se inicializan los parámetros iniciales que se encuentran en el archivo de configuración
Entradas	1. Ruta y nombre del archivo. configuración
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: Busca el archivo Configuración 2. Sistema: Valida que el archivo exista 3. Usuario: Valida las variables que contienen 4. Usuario: carga las variables Sí detecta algún error genera un error controlado 5. Usuario: Genera log en la base de datos
Salidas:	1. Variables y parámetros inicializados

Ilustración 17 CU 002 INICIALIZAR PARAMETROS

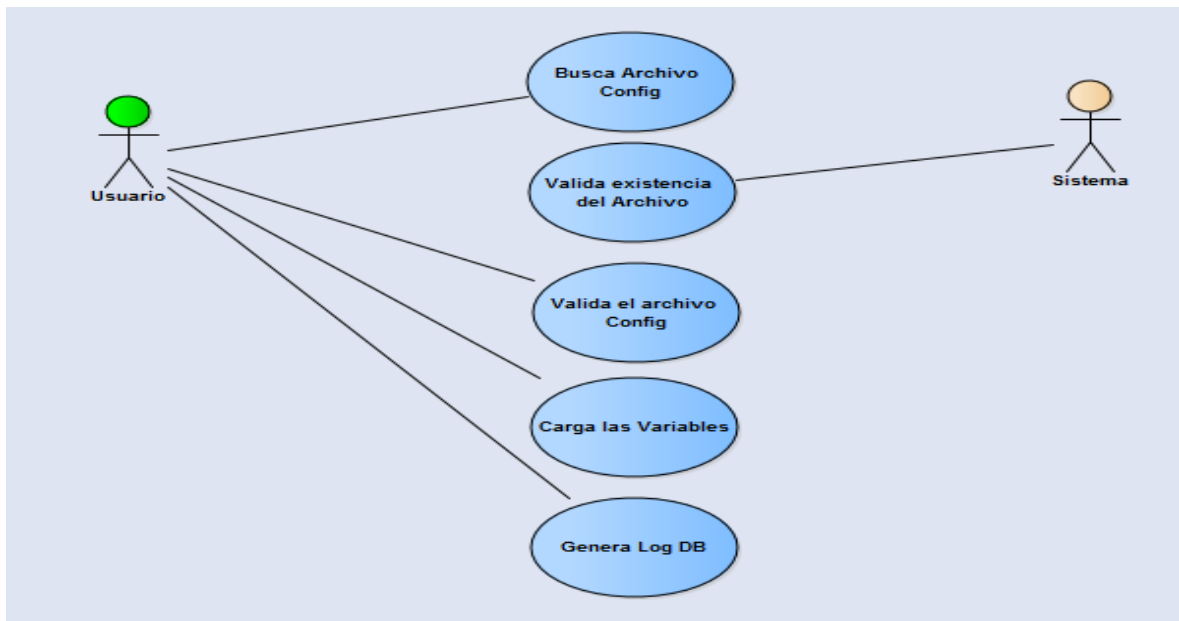


Tabla 23 CU-003 Fuente: El Autor

Código	CU – 003
Nombre	Administrar Semáforos
Prioridad	Alta.
Descripción	Controlar los tiempos de los semáforos dependiendo de las variaciones en la densidad del tráfico.
Entradas	1. La densidad del tráfico en las intersecciones y los tiempos actuales de los semáforos.
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema: Captura la densidad del tráfico en todas las intersecciones 2. Sistema: Captura los tiempos actuales de los semáforos 3. Sistema: Definir intersecciones prioritarias 4. Sistema: Calcula los nuevos tiempos 5. Sistema: Calcular el impacto en el sistema 6. Sistema: Elige el menor tiempo e impacto 7. Sistema: Actualiza los nuevos tiempos en las intersecciones afectadas 8. Usuario: Genera Log de los cambios
Salidas:	1. Tiempos de las intersecciones.

Ilustración 18 CU 003 ADMINISTRAR SEMAFAROS

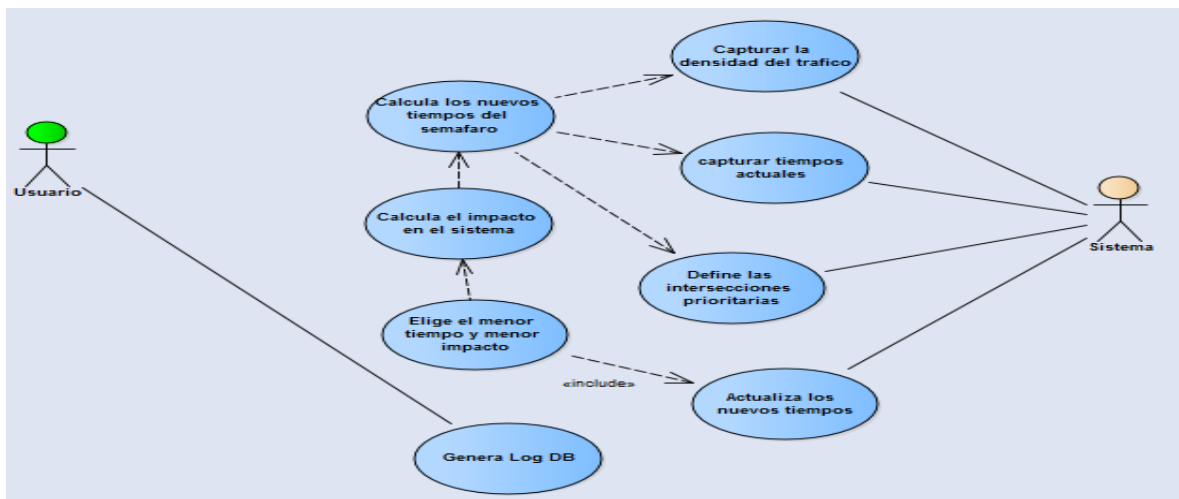


Tabla 24 CU-004 Fuente: El Autor

Código	CU – 004
Nombre	Genera log de cambios
Prioridad	Alta.
Descripción	Guardar la hora y la fecha con el cambio realizado en la base de datos
Entradas	1. Valores del cambio realizado
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> Usuario: Solicitud del sistema Sistema: Captura fecha y hora Usuario: Genera el String a guardar con el formato y el parámetro de entrada Usuario: Guarda los parámetros en el procedimiento almacenado de log con la fecha, la hora y el String con el formato y el cambio realizado
Salidas:	1. Log de cambio guardado

Ilustración 19 CU 004 GENERAR LOG DE CAMBIOS

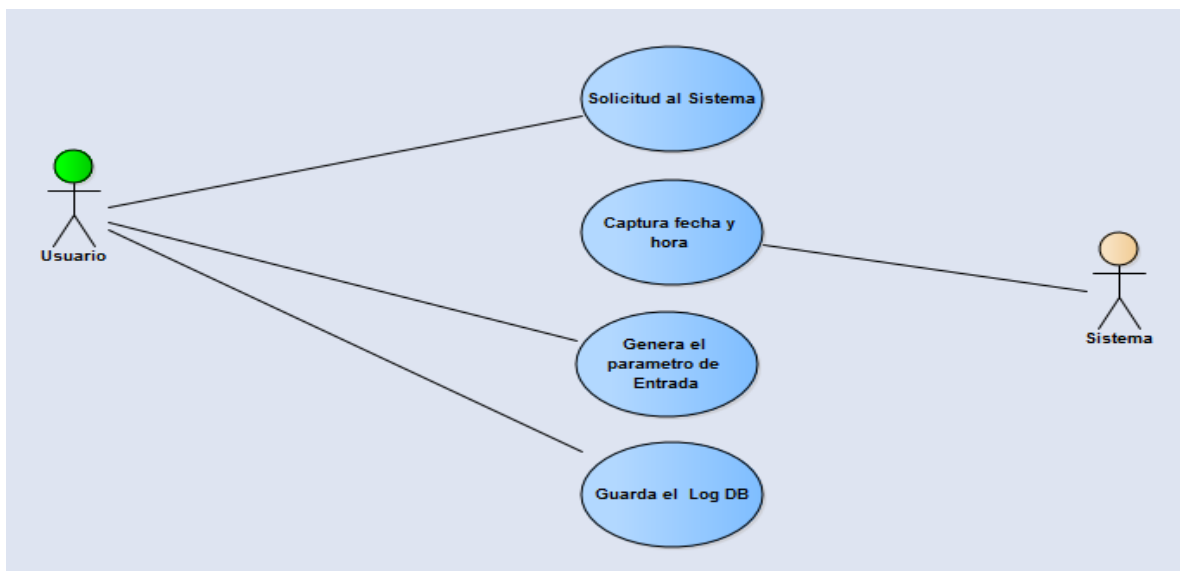


Tabla 25 CU-005 Fuente: El Autor

Código	CU – 005
Nombre	Actualizar tiempos
Prioridad	Alta.
Descripción	Se actualizan los tiempos de los semáforos
Entradas	1. Valor del nuevo tiempo del semáforo
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: Envía los nuevos tiempos para los semáforos 2. Sistema: Actualiza los nuevos tiempos 3. Usuario: Recorre las intersecciones y actualiza los tiempos 4. Usuario: Cambia los tiempos en los semáforos seleccionados 5. Usuario: Guardar en el log el cambio
Salidas:	1. Nuevos tiempos para los semáforos

Ilustración 20 CU 005 ACTUALIZAR TIEMPOS

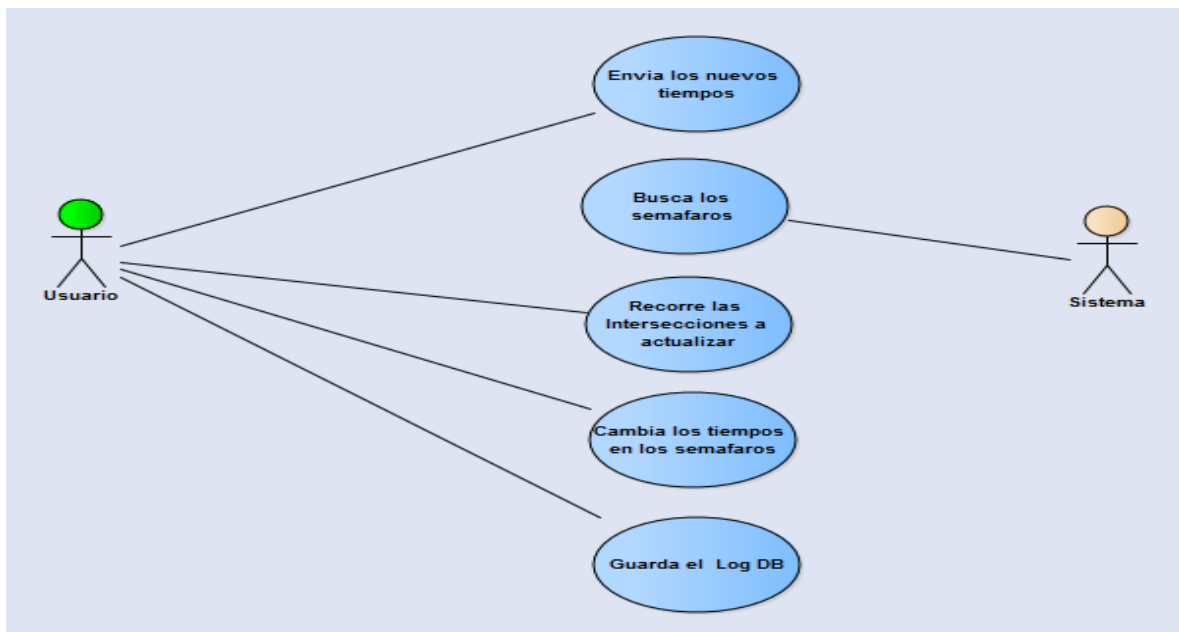


Tabla 26 CU-006 Fuente: El Autor

Código	CU – 006
Nombre	Calcular tiempos actuales
Prioridad	Alta.
Descripción	Muestra los tiempos actuales del semáforo
Entradas	1. Solicitud de tiempos de espera en los semáforos
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: Solicita los tiempos del sistema 2. Sistema: Recorre todos los semáforos del sistema 3. Sistema: Captura los tiempos rojo, verde y amarillo 4. Sistema: Envía los tiempos actuales de los semáforos 5. Sistema: Genera el log en la base de datos
Salidas:	1. Tiempos actuales de los semáforos

Ilustración 21 CU 006 CALCULAR TIEMPOS ACTUALES

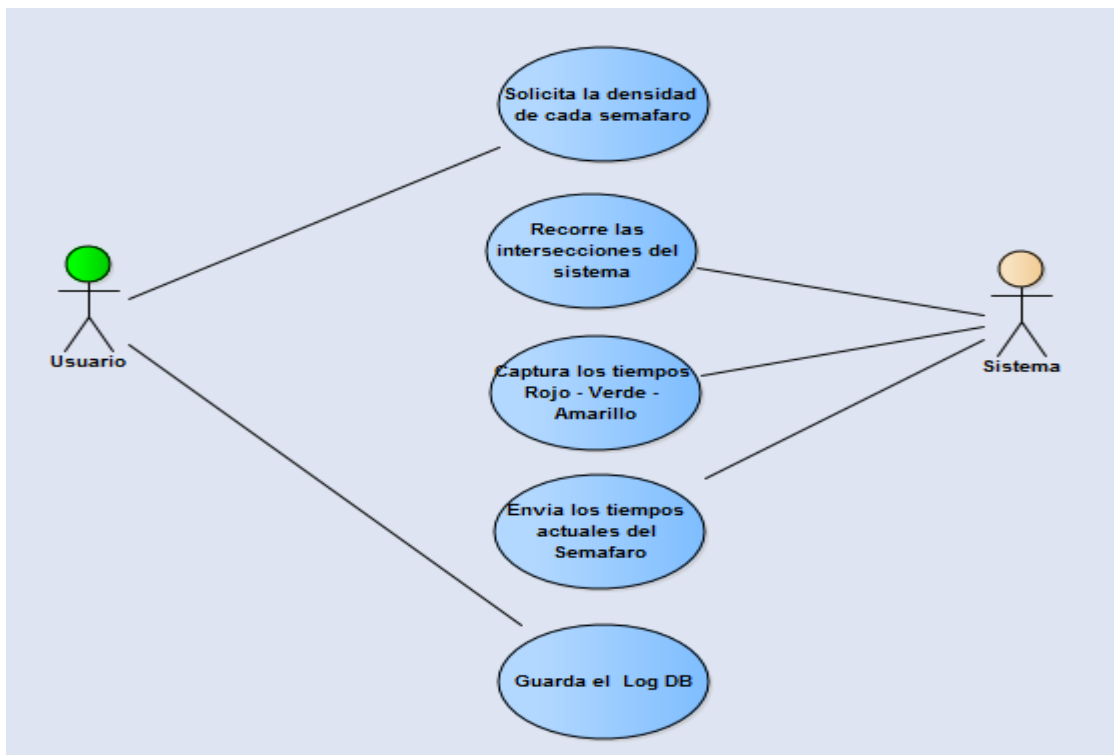


Tabla 27 CU-007 Fuente: El Autor

Código	CU – 007
Nombre	Capturar densidad del tráfico
Prioridad	Alta.
Descripción	Recorre todas las intersecciones todos los semáforos y verifica la cantidad de vehículos que hay en cada semáforo.
Entradas	1. Solicitud de densidad de la malla vial
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: Solicita la densidad de cada semáforo 2. Sistema: Recorre las intersecciones de todo el sistema 3. Sistema: Captura los tiempos rojo, verde y amarillo 4. Sistema: Envía los tiempos de cada semáforo 5. Sistema: Genera el log en la base de datos
Salidas:	1. Los tiempos que cuentan todos los semáforos actualmente

Ilustración 22 CU 007 CALCULAR DENSIDAD DEL TRAFICO

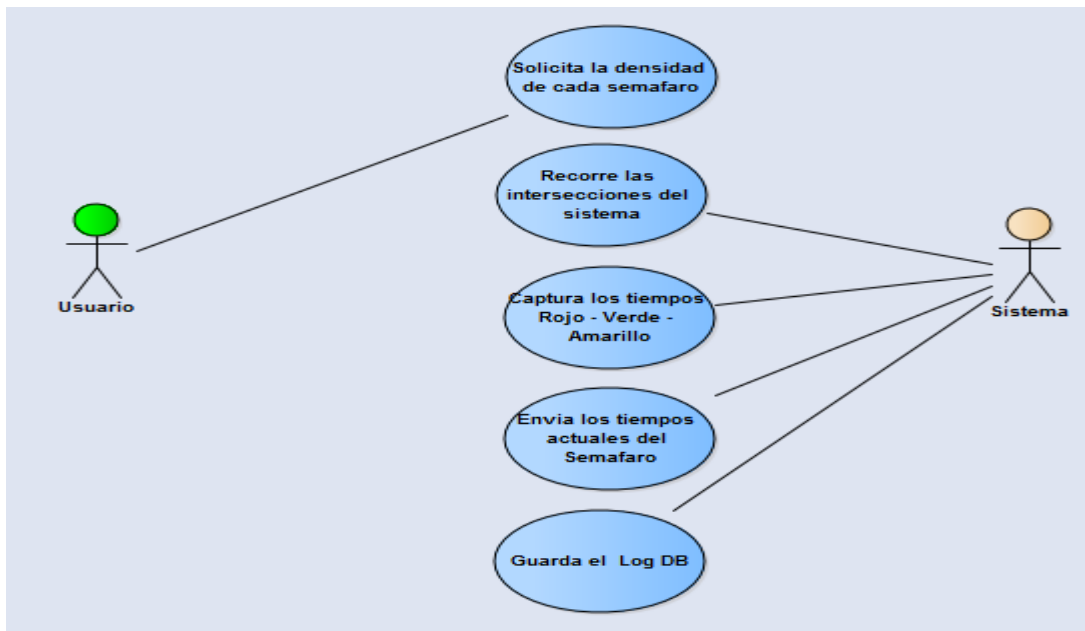


Tabla 28 CU-008 Fuente: El Autor

Código	CU – 008
Nombre	Definir intersecciones prioritarias
Prioridad	Alta.
Descripción	Identifica cuales intersecciones necesitan ser evacuadas
Entradas	1. La densidad del tráfico en las intersecciones
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema: Identifica la densidad del trafico 2. Sistema: Recorre la densidad de todas las intersecciones 3. Sistema: Evalúa cuales presentan mayor congestión 4. Sistema: Guarda las que presentan mayor congestión 5. Sistema: Envía las intersecciones con los semáforos congestionados 6. Sistema: Generar el log de la base de datos
Salidas:	1. Las intersecciones con mayor densidad de trafico

Ilustración 23 CU 008 DEFINIR INTERSECCIONES PIORITARIAS

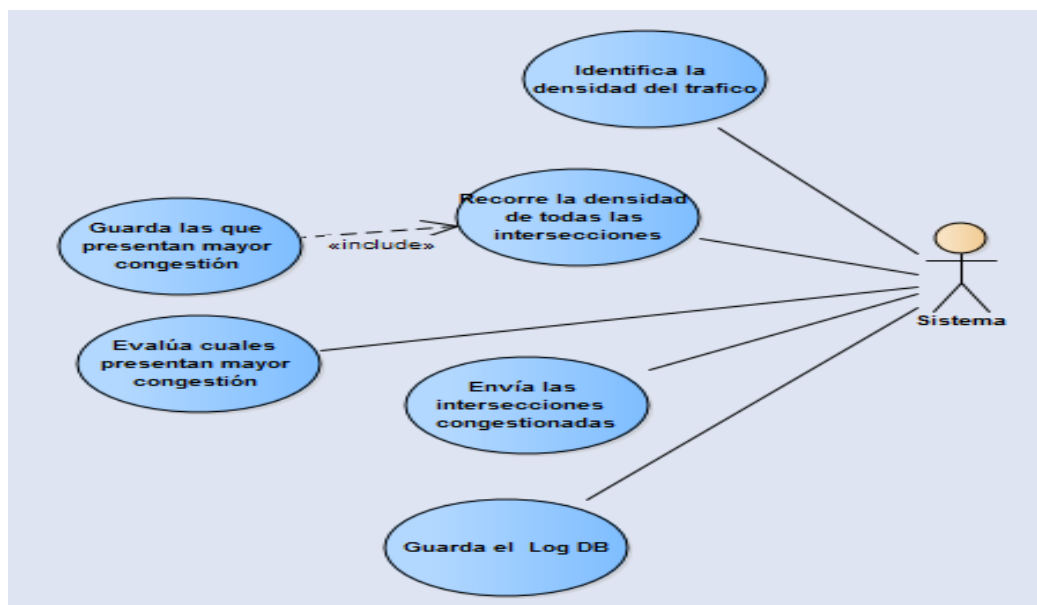


Tabla 29 CU-009 Fuente: El Autor

Código	CU – 009
Nombre	Calcular tiempos de intersección
Prioridad	Alta.
Descripción	Calcula los tiempos a cambiar en las intersecciones detectadas
Entradas	1. La densidad del tráfico en las intersecciones y los tiempos actuales de los semáforos.
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema: Identifica las intersecciones prioritarias 2. Sistema: Recorre los semáforos prioritarios 3. Sistema: Calcula los tiempos nuevos con los que disminuiría el tráfico 4. Sistema: Asigna prioridades al semáforo con mayor congestión 5. Sistema: Envía los nuevos tiempos a cada semáforo 6. Sistema: Generar el log de la base de datos
Salidas:	1. Nuevos tiempos para los semáforos para disminuir la densidad en ciertas intersecciones.

Ilustración 24 CU 009 CALCULAR TIEMPOS DE INTERSECCION

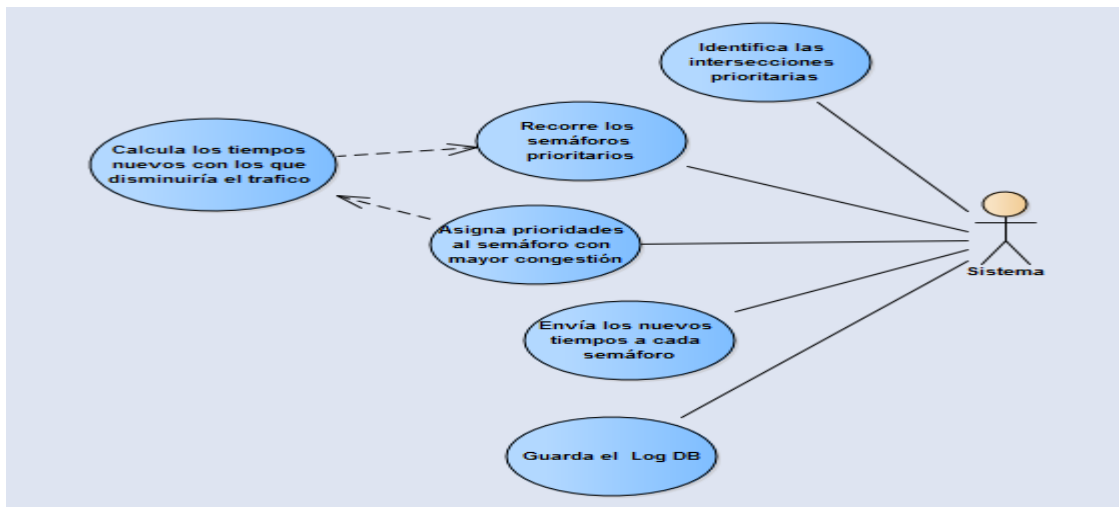


Tabla 30 CU-010 Fuente: El Autor

Código	CU – 010
Nombre	Calcular impacto
Prioridad	Alta.
Descripción	Identifica el impacto de los tiempos calculados
Entradas	1. Los tiempos calculados temporales
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema: Nuevos tiempos para los semáforos 2. Sistema: Recorre los nuevos tiempos 3. Sistema: Evalúa con los nuevos tiempos el impacto a los otros semáforos del sistema 4. Sistema: Determina los niveles de aceptación 5. Sistema: Compara todos los tiempos y determina el menor tiempo con el mínimo impacto 6. Sistema: Envía los nuevos tiempos a los semáforos prioritarios 7. Sistema: Generar el log de la base de datos
Salidas:	1. El impacto que tiene cada uno de cambios en el sistema

Ilustración 25 CU 010 CALCULAR IMPACTO

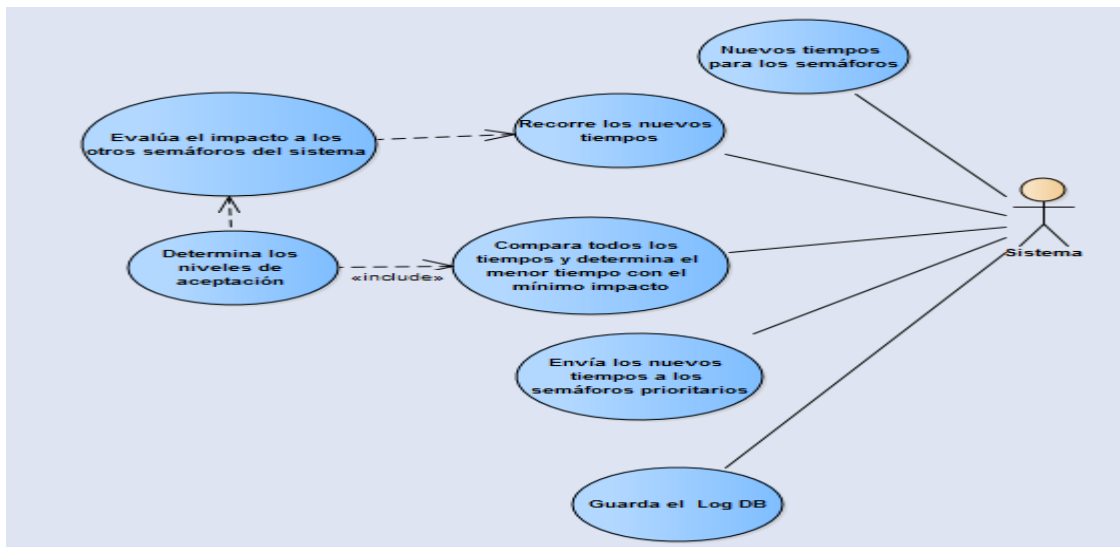


Tabla 31 CU-011 Fuente: El Autor

Código	CU – 011
Nombre	Verificar el impacto
Prioridad	Alta.
Descripción	Muestra el impacto de los cambios sobre el sistema
Entradas	1. Decisión probable para tomar, condiciones de la toma de decisión
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> Sistema: Busca en la base de datos, decisiones con condiciones semejantes Sistema: Si hay una decisión semejante valida los resultados de la misma. Sistema: Determina los niveles de aceptación Sistema: Generar el log de la base de datos
Salidas:	1. Indica el impacto de la decisión tomada si fue buena o no

Ilustraciónv 26 CU 011 VERIFICAR IMPACTO

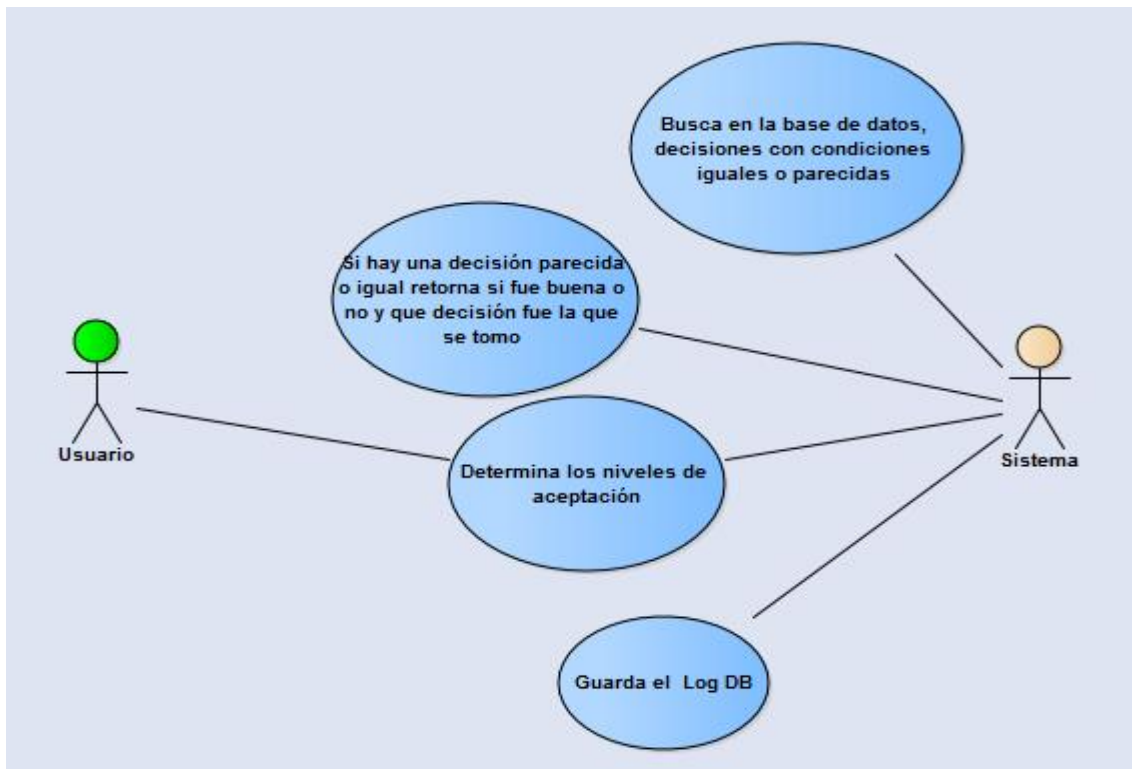


Tabla 32 CU-012 Fuente: El Autor

Código	CU – 012
Nombre	Decisión final
Prioridad	Alta.
Descripción	Elige el menor tiempo e impacto, aplica un algoritmo inteligente para la toma de decisiones.
Entradas	1. Nuevos tiempos del sistema y el impacto de estos tiempos
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: Indica los Tiempos con menor impacto 2. Sistema: Analiza las alternativas enviadas luego de revisar el impacto de los tiempos 3. Sistema: Verificar contra resultados anteriores 4. Sistema: Hace uso del algoritmo inteligente para tomar las opciones adecuadas 5. Sistema: Envía los tiempos para actualizar los semáforos 6. Sistema: Genera log de cambios en la base de datos
Salidas:	1. Nuevos tiempos para los semáforos.

Ilustración 27 CU 012 DESCICION FINAL

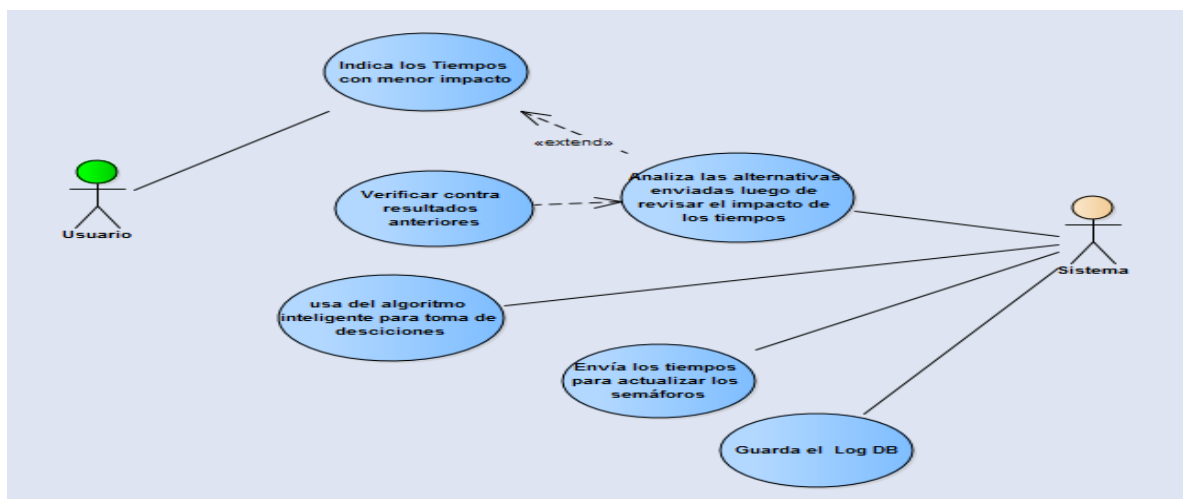


Tabla 33 CU-013 Fuente: El Autor

Código	CU – 013
Nombre	Actualizar tiempos
Prioridad	Alta.
Descripción	Se actualizan los tiempos de los semáforos, se necesita el tiempo nuevo y el semáforo o semáforos a cambiar.
Entradas	1. Tiempos para los semáforos.
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: Envió de los tiempos del semáforo 2. Sistema: Organiza los nuevos tiempos y los semáforos a cambiar 3. Sistema: Recorre las intersecciones seleccionadas para actualizar los tiempos 4. Sistema: Cambia los tiempos en los semáforos seleccionados 5. Sistema: Genera log de cambios en la base de datos
Salidas:	1. Actualización de tiempos para los semáforos.

Ilustración 28 CU 013 ACTUALIZAR TIEMPOS

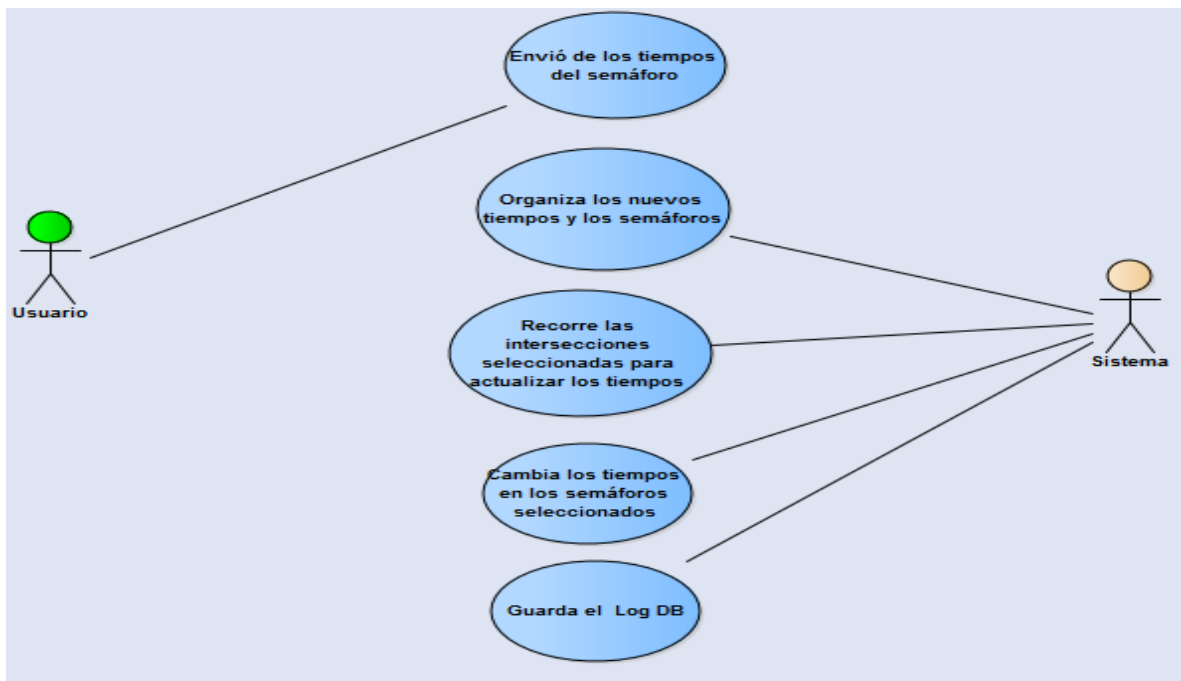


Tabla 34 CU-014 Fuente: El Autor

Código	CU – 014
Nombre	Aprendizaje
Prioridad	Alta.
Descripción	Ejecuta el método de aprendizaje del impacto del cambio realizado. Determina si se disminuyó o aumento la densidad del tráfico.
Entradas	1. Tiempos anteriores, Nuevos Tiempos, Densidad de tráfico anterior, Nueva densidad de trafico
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema: Recorre las intersecciones y captura los tiempos actuales y la densidad de tráfico actual 2. Sistema: Captura los tiempos inmediatamente anteriores y la densidad de la base de datos 3. Sistema Compara la densidad de tráfico en las intersecciones prioritarias 4. Sistema: Verifica el impacto real del cambio realizado en el sistema 5. Sistema: Guarda el impacto real en la base de datos para posteriores consultas 6. Sistema: Guarda la densidad y si el cambio de tiempos fue positivo o negativo en el sistema
Salidas:	1. Actualización del modelo de aprendizaje

Ilustración 29 CU 014 APRENDIZAJE

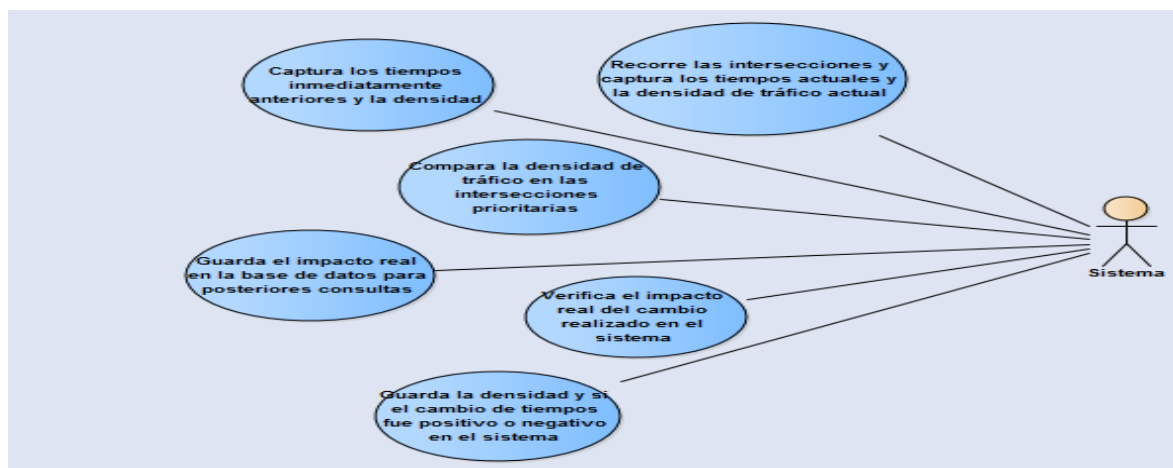


Tabla 35 CU-015 Fuente: El Autor

Código	CU – 015
Nombre	Generar Ola Verde
Prioridad	Alta.
Descripción	En caso de que el sistema genera una ola verde, es decir coloca todos los semáforos en verde para mejorar el flujo de vehículos
Entradas	1. Tiempos anteriores, Nuevos Tiempos, Densidad de tráfico anterior, Nueva densidad de trafico
Proceso:	<p><u>FLUJO NORMAL</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema: Captura densidad de trafico 2. Sistema: Ubica las intersecciones con mayor densidad de trafico 3. Sistema: Verifica los nuevos tiempos que tendrían todo el semáforo 4. Sistema: Verifica el impacto real del cambio realizado en el sistema 5. Sistema: Calcula el impacto que tendría todo el sistema 6. Sistema: Si el impacto sobre el sistema es alto no se realiza la ola verde y se continua con el proceso normal 7. Sistema: Guarda Log en la base de datos
Salidas:	1. Ola verde realizada

Ilustración 30 CU 015 GENERAR OLA VERDE



Tabla 36 CU-016 Fuente: El Autor

Código	CU – 016
Nombre	Mostar mapa del sistema
Prioridad	Alta.
Descripción	Muestra el mapa en la interfaz del simulador
Entradas	1. Tiempos anteriores, Nuevos Tiempos, Densidad de tráfico anterior, Nueva densidad de trafico
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: Solicita la visualización de la malla vial 2. Sistema: Inicia la visualización de la malla vial 3. Sistema: Muestra las calles y las carreras en el sistema 4. Sistema: Inicia la simulación
Salidas:	1. Mapa del sistema de trafico

Ilustración 31 CU 016 MOSTRAR MAPA DEL SISTEMA



Tabla 37 CU-017 Fuente: El Autor

Código	CU – 017
Nombre	Muestra de semáforos
Prioridad	Alta.
Descripción	Muestra los semáforos y coloca los tiempos dependiendo de cómo estén configurados
Entradas	1. Inicializar el sistema de trafico
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: Solicita la visualización de los semáforos 2. Sistema: Inicia la visualización de los semáforos 3. Sistema: Actualiza o inicializa los tiempos en los semáforos y muestra los colores de estos 4. Sistema: Muestra los semáforos y sus tiempos dependiendo de la configuración actual en el sistema 5. Sistema: Inicia la simulación
Salidas:	1. Semáforos de todo el sistema

Ilustración 32 CU 017 MUESTRA DE SEMAFAROS

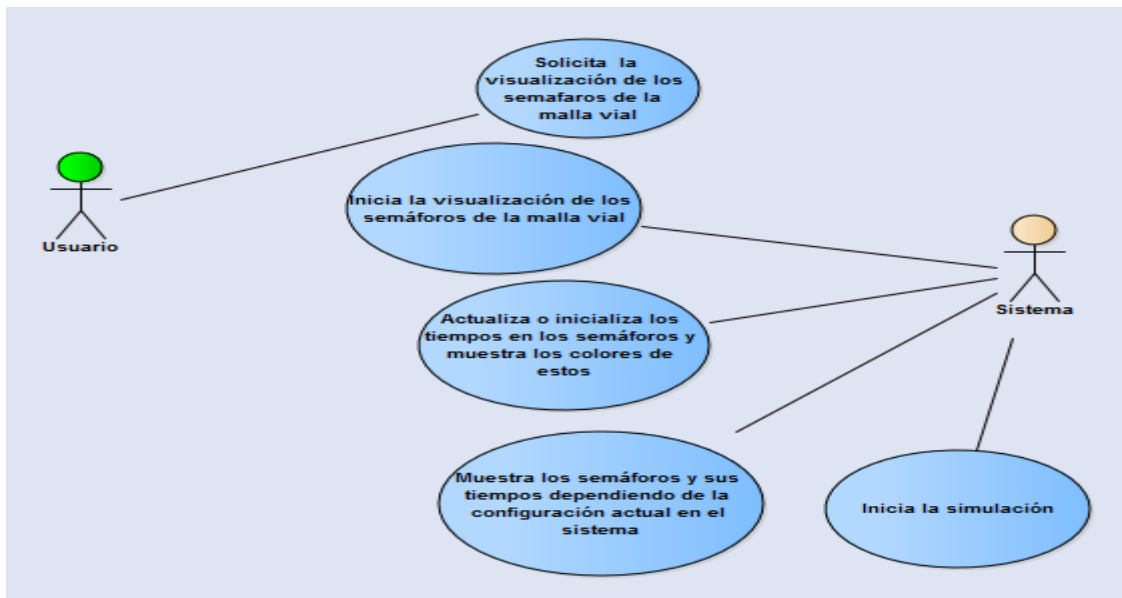


Tabla 38 CU-018 Fuente: El Autor

Código	CU – 018
Nombre	Mostrar la configuración actual
Prioridad	Alta.
Descripción	Muestra la configuración actual de cada semáforo
Entradas	1. Solicitud del usuario
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: Solicita la visualización del semáforo 2. Sistema: Inicia la visualización de la malla vial 3. Sistema: Recorre las intersecciones 4. Sistema: Captura los tiempos de todos los semáforos 5. Sistema: Muestra los semáforos y sus tiempos
Salidas:	1. Configuración actual de todos los semáforos

Ilustración 33 CU 018 MOSTRAR LA CONFIGURACION ACTUAL

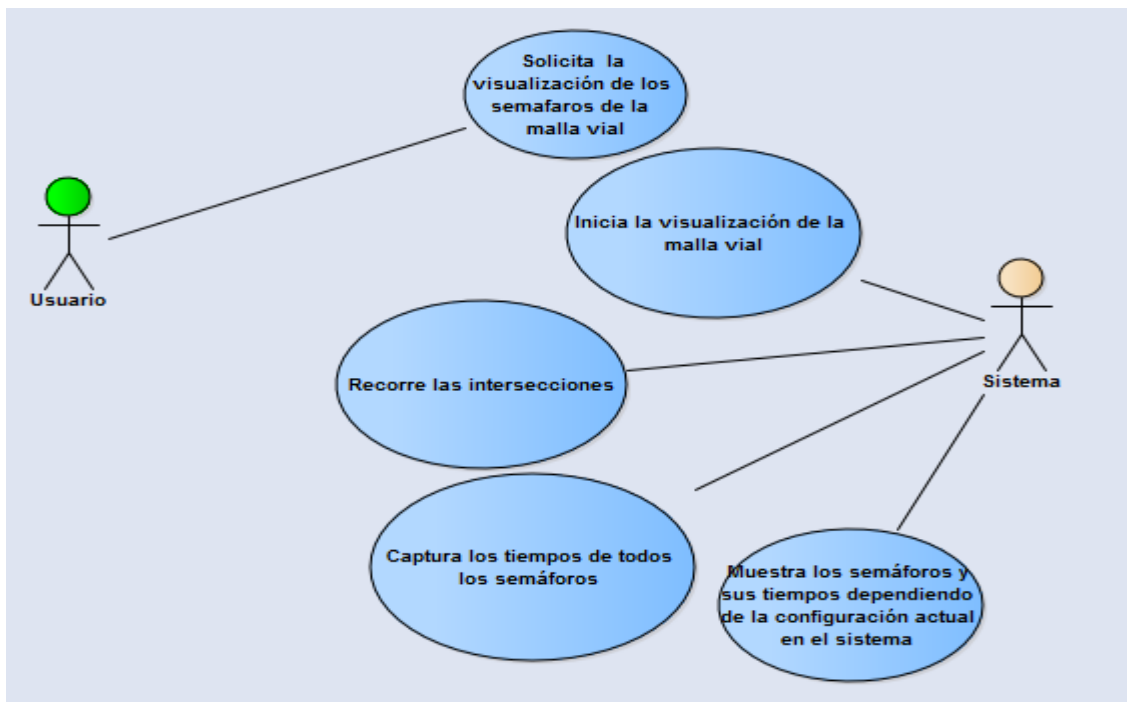


Tabla 39 CU-019 Fuente: El Autor

Código	CU – 019
Nombre	Restablecer a fabrica
Prioridad	Alta.
Descripción	Muestra la configuración actual de cada semáforo
Entradas	1. Tiempos nuevos por defecto
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: inicializa las variables por defecto en el módulo correspondiente 2. Sistema: Evalúa las variables 3. Sistema: Ccambia la configuración inicial y muestra un mensaje de que el cambio se realizó satisfactoriamente 4. Sistema: Guarda el log en la base de datos con el nombre del usuario que realizo el cambio
Salidas:	1. Nuevos tiempos por defecto

Ilustración 34 CU 019 RESTABLECER A FABRICA

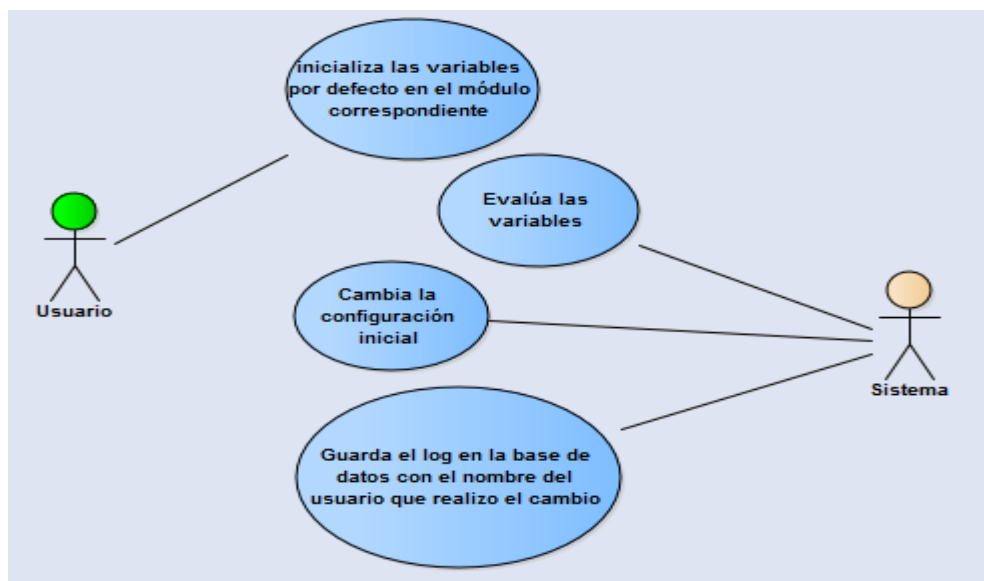


Tabla 40 CU-020 Fuente: El Autor

Código	CU – 020
Nombre	Establecer valores iniciales
Prioridad	Alta.
Descripción	Se definen los tiempos por defecto de cada semáforo
Entradas	1. Tiempos nuevos para semáforos en tiempo real
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: ingresa los nuevos tiempos para los semáforos 2. Sistema: Verifica las variables ingresadas corresponden a los datos 3. Sistema: actualiza los tiempos a los semáforos escogidos 4. Sistema: Guarda el log en la base de datos con el nombre del usuario que realizo el cambio
Salidas:	1. Nuevos tiempos para los semáforos

Ilustración 35 CU 020 ESTABLECER VALORES DEL SEMAFARO

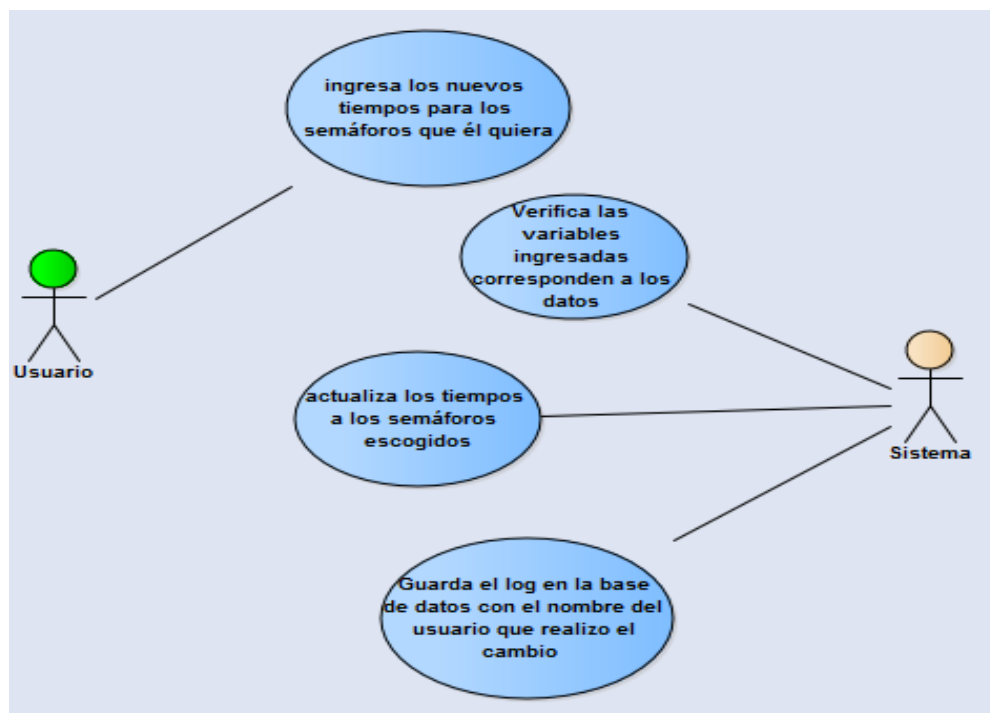


Tabla 41 CU-021 Fuente: El Autor

Código	CU – 021
Nombre	Ver Log de cambios
Prioridad	Alta.
Descripción	Generar Log de Cambios
Entradas	1. Solicitud de Log de Cambios
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> Usuario: Ingreso a la DB y consulta los cambios realizados en el día o la fecha seleccionada Sistema: Muestra por pantalla los cambios que se ha realizado
Salidas:	1. Muestra por pantalla el log de cambios

Ilustración 36 CU 021 VER LOG DE CAMBIOS

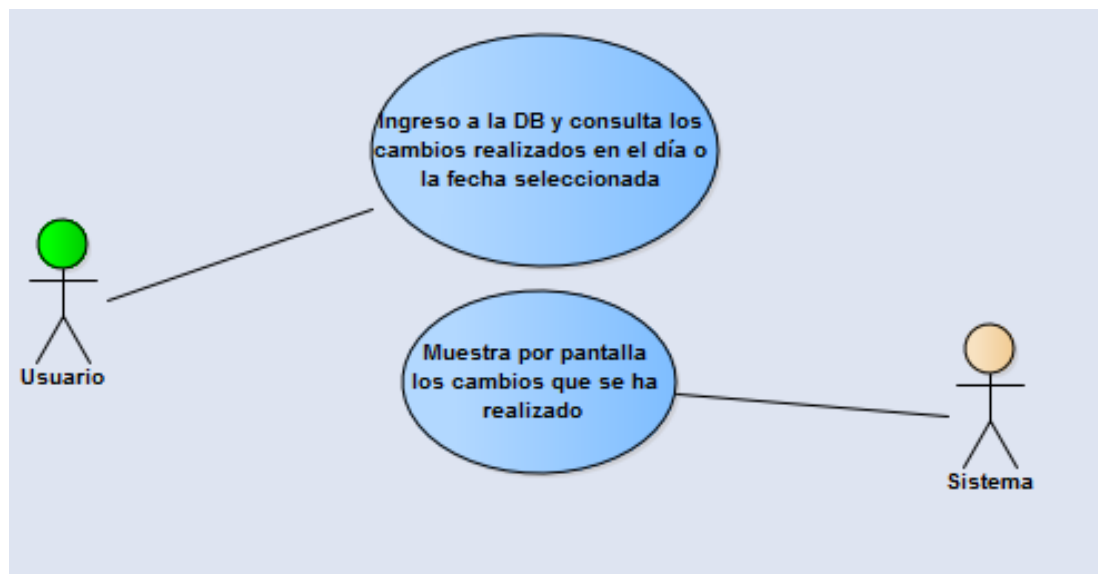


Tabla 42 CU-022 Fuente: El Autor

Código	CU – 022
Nombre	Representar Estadísticas
Prioridad	Alta.
Descripción	Muestra por pantalla los cambios de la densidad del tráfico.
Entradas	1. Solicitud de grafica de densidades del trafico
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: Consulta las graficas 2. Usuario: Escoge el tipo de gráfica y la estadística futura, pasada o presente 3. Sistema: Trae la información de la DB para las gráficas 4. Sistema: Muestra la estadística por pantalla elegida por el usuario y con el tipo de grafica escogido
Salidas:	1. Estadísticas en pantalla

Ilustración 37 CU 022 REPRESENTAR ESTADISTICAS

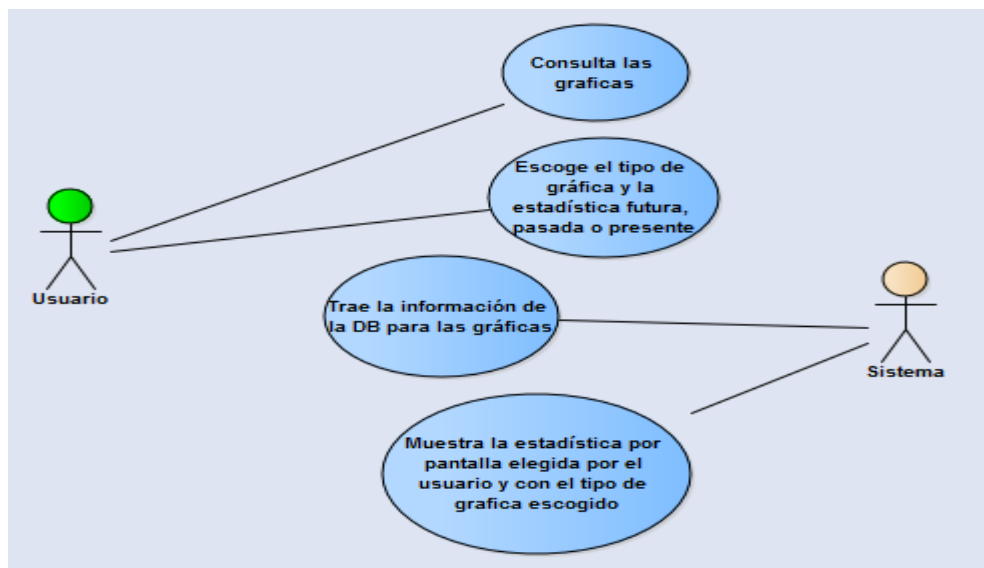


Tabla 43 CU-023 Fuente: El autor

Código	CU – 023
Nombre	Definir mensaje inicial
Prioridad	Alta.
Descripción	Se definen los parámetros iniciales de los paneles de mensajería vial
Entradas	1. Mensaje inicial del panel de mensajería
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: Ingresa el mensaje inicial 2. Usuario: Selecciona el panel de mensajería 3. Sistema: Registra el mensaje ingresado 4. Sistema: Muestra el mensaje inicial del panel de mensajería 5. Sistema: Guarda el log en la base de datos
Salidas:	1. Mensaje inicial del panel de mensajería

Ilustración 38 CU 023 DEFINIR MENSAJE INICIAL

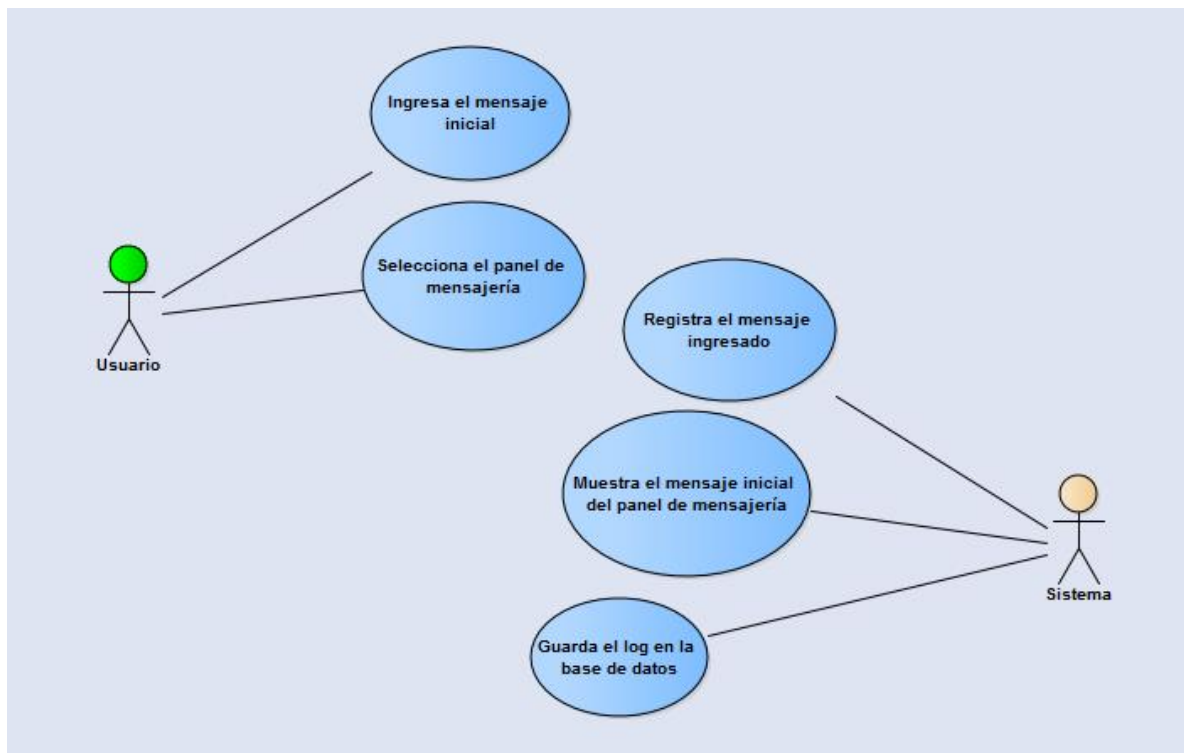
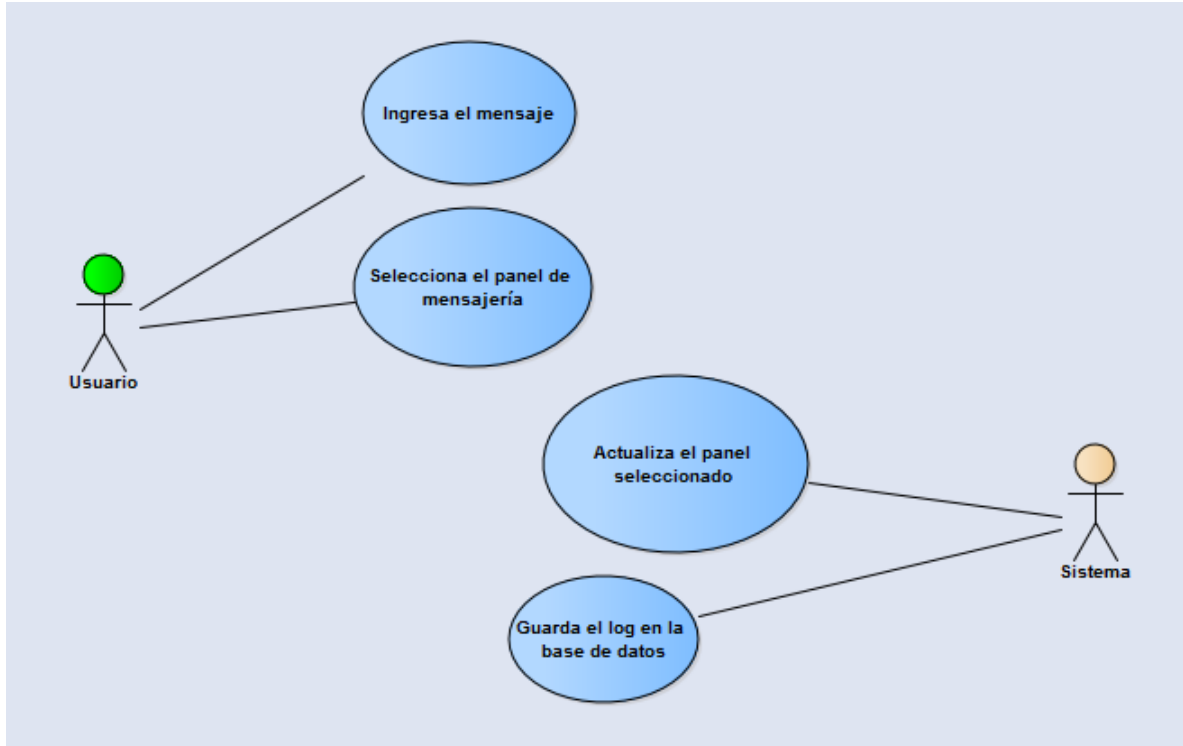


Tabla 44 CU-024 Fuente: El Autor

Código	CU – 024
Nombre	Actualiza panel de mensajería
Prioridad	Alta.
Descripción	Se actualiza el mensaje del panel sobre la malla vial
Entradas	1. Mensaje nuevo para panel
Proceso:	<p>FLUJO NORMAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario: Ingresa el mensaje 2. Usuario: Selecciona el panel de mensajería 3. Sistema: Actualiza el panel seleccionado 4. Sistema: Guarda el log en la base de datos
Salidas:	1. Mensaje actualizado en el panel.

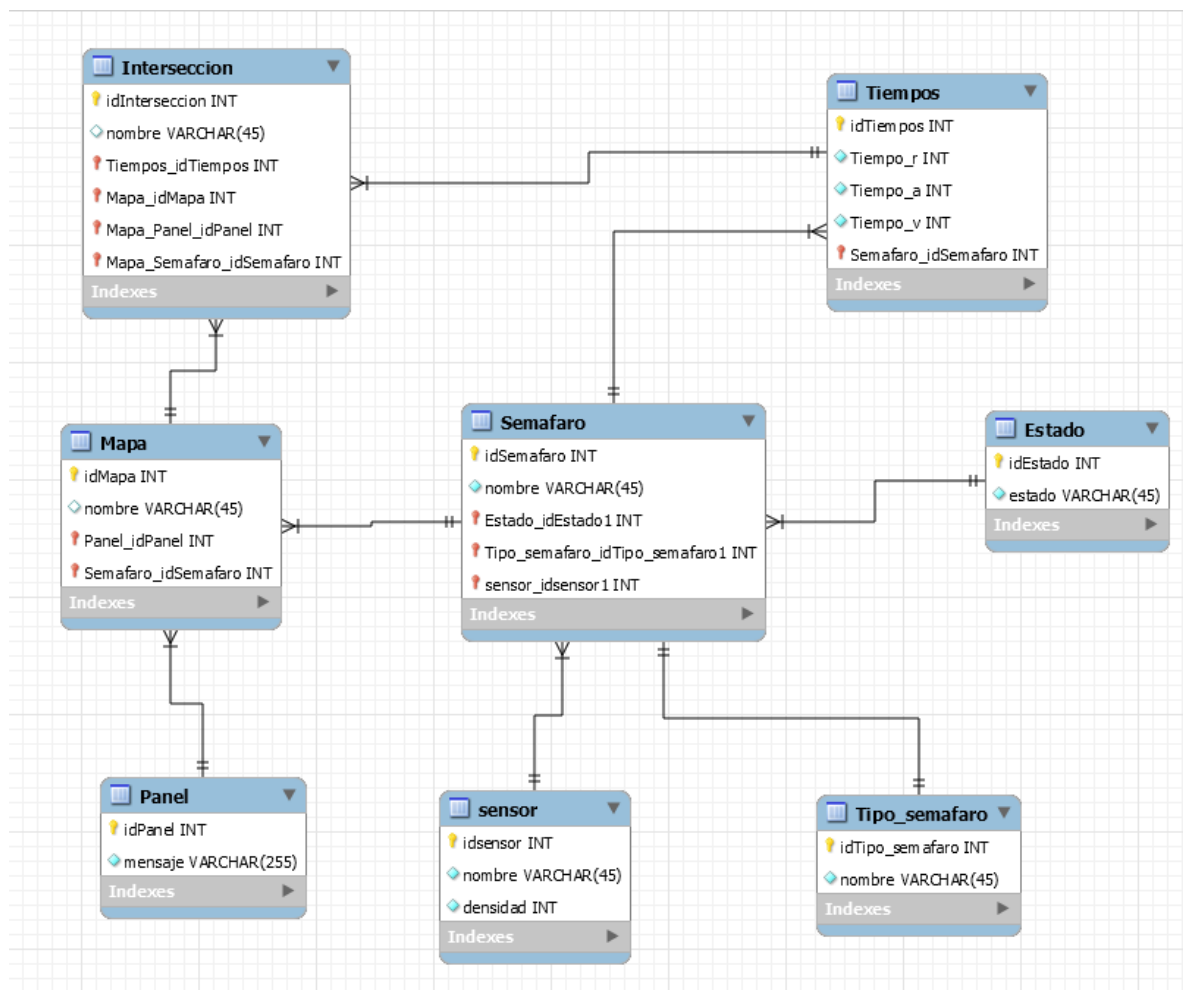
Ilustración 39 ACTUALIZAR PANEL DE MENSAJERIA



4.7 DIAGRAMA DE ENTIDAD RELACIÓN

El diagrama que se estima para soportar la arquitectura propuesta está diseñado en ORACLE DB debido a su Velocidad al realizar las operaciones, lo que le hace uno de los gestores con mejor rendimiento y su baja probabilidad para corromper los datos.

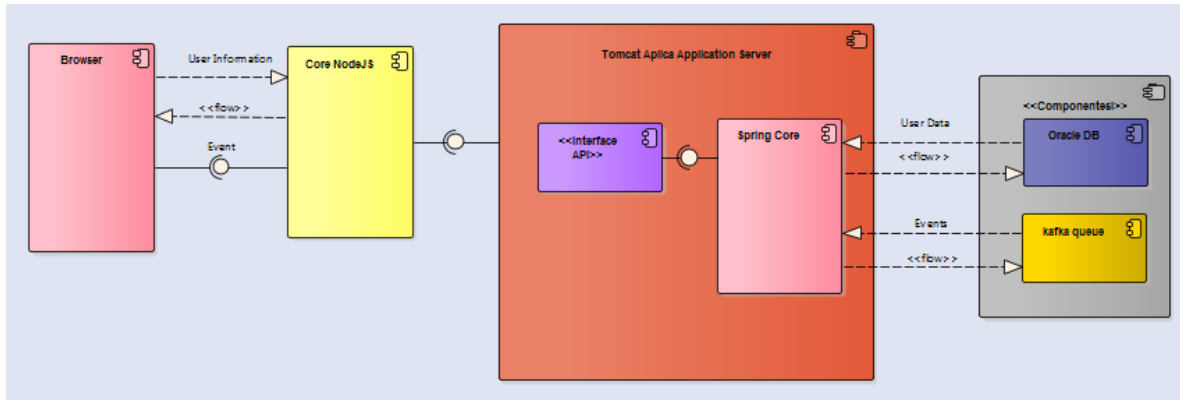
Ilustración 41 Modelo de entidad relación Fuente: El Autor



4.8 DIAGRAMA DE COMPONENTES

A nivel de los componentes del sistema se van a tener en cuenta las siguientes capas, Vista de capa de negocio, vista de capa de accesos de datos, vista de lógica de negocio y vista de cliente, como se puede apreciar en la figura.

Ilustración 42 Diagrama de Componentes Fuente: El Autor



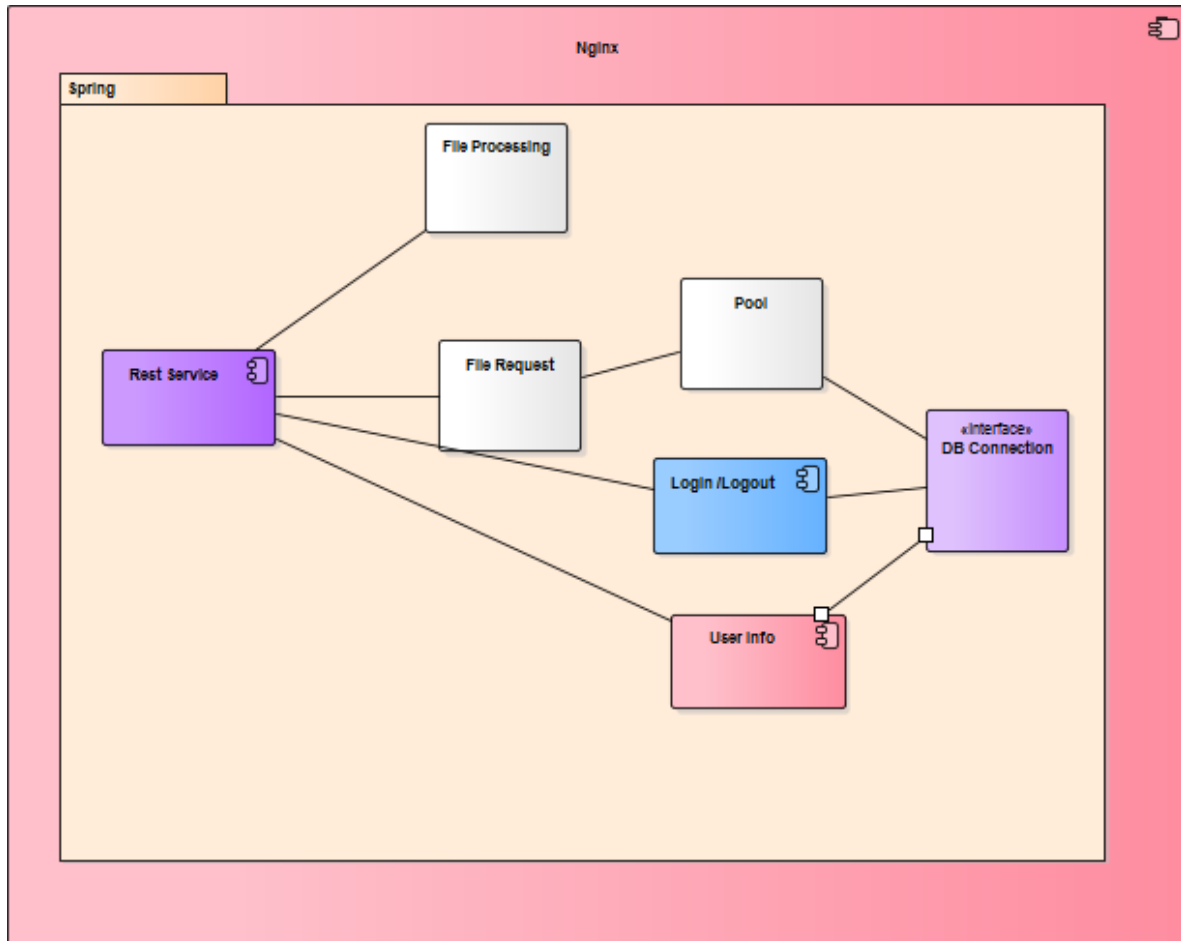
4.8.1 Capa de Acceso a Datos.

Para el acceso de datos se pensó en una arquitectura de control de datos mixto, para este modelo se contempló la tecnología Oracle 12 C platinum, ya que es la tecnología más reciente, además de contar con nueva tecnología de almacenamiento, la cual viene vinculada al sistema RAC de clúster. Esta tecnología consiste en la administración automática del almacenamiento, ASM por sus siglas en inglés Automatic Storage Management. Esta tecnología trae consigo nuevas funcionalidades de capas de espejos inteligentes, la cual combinada con la tecnología RAC, hace que se pueda crear de 2 a 3 formas de espejos para proteger la información vital.

Además de contar con la base de datos en Oracle, se decide utilizar la herramienta Kafka. Esta herramienta garantiza el alto rendimiento y baja latencia para la manipulación de datos en tiempo real. Su utilización va en una cola de mensajes en el cual, a través de un timestamp, provee el almacenamiento de datos por evento, creando así la capacidad de versionar las interacciones de los datos. Kafka ayuda a agilizar las transacciones en base de datos, dando mayor rendimiento al sistema. Kafka es altamente escalable y ha sido éxito en compañías como CISCO, Netflix, PayPal, Spotify, entre otras.

4.8.2 Capa de negocio.

Ilustración 43 Capa de Negocio Fuente: El Autor



La capa de negocio estará dispuesta con las siguientes herramientas:

Rest Api: deriva de "REpresentational State Transfer", que traducido vendría a ser "transferencia de representación de estado", lo que tampoco aclara mucho, pero contiene la clave de lo que significa. Porque la clave de REST es que un servicio REST no tiene estado (es *stateless*), lo que quiere decir que, entre dos llamadas cualesquiera, el servicio pierde todos sus datos. Esto es, que no se puede llamar a un servicio REST y pasarle unos datos (p. ej. un usuario y una contraseña) y esperar que "se recuerde" en la siguiente petición. De ahí el nombre: el estado lo mantiene el cliente y por lo tanto es el cliente quien debe pasar el estado en cada llamada. Si quiero que un servicio REST me recuerde, debo pasarle quien soy en cada llamada. Eso puede ser un usuario y una contraseña, un *token* o cualquier otro tipo de credenciales, pero debo pasarlas en cada llamada. Y lo mismo aplica para el resto de información.

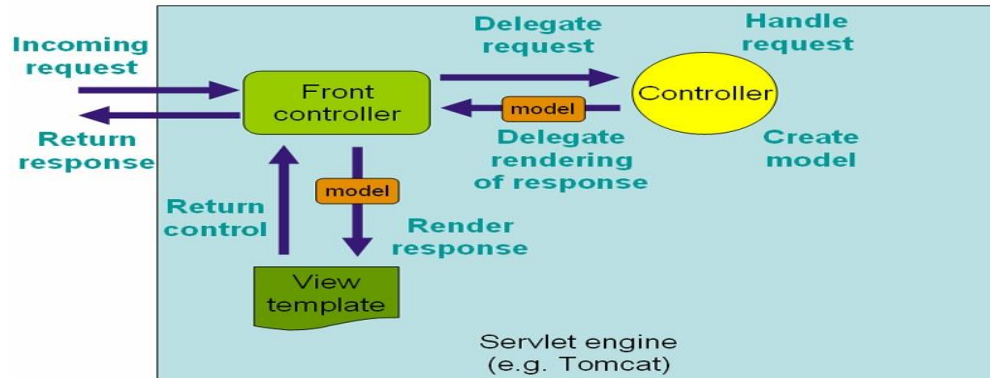
NGINX: Es un servidor web HTTP que también incluye servicios de correo electrónico con acceso al Internet Message Protocol (IMAP) y al servidor Post Office Protocol (POP). Además, NGINX está listo para ser utilizado como un proxy inverso. En este modo, NGINX se utiliza para equilibrar la carga entre los servidores back-end, o para proporcionar almacenamiento en caché para un servidor back-end lento. Provee las siguientes funcionalidades: (51)

- Servidor de archivos estáticos, índices y auto indexado.
- Proxy inverso con opciones de caché.
- Balanceo de carga.
- Tolerancia a fallos.
- Soporte de HTTP y HTTP2 sobre SSL.
- Soporte para FastCGI con opciones de caché.
- Servidores virtuales basados en nombre y/o en dirección IP.
- Streaming de archivos FLV y MP4.14
- Soporte para autenticación.
- Compatible con IPv6
- Soporte para protocolo SPDY
- Compresión gzip.
- Habilitado para soportar más de 10.000 conexiones simultáneas.

Spring MVC: Spring MVC es una alternativa de framework basado en el patrón modelo-vista-controlador, un Spring se caracteriza por su acoplamiento entre la capa de presentación y la capa de manejo de request, y entre la capa de manejo de request y el modelo.

El framework tiene un conjunto de interfaces que después se implementan para proporcionar la funcionalidad correspondiente. Las interfaces están acopladas y siguen un determinado patrón que se canalizan a través del Servlet.

Ilustración 44 Funcionamiento de un Spring MVC



Fuente: <http://jaimecarmonaloeches.blogspot.com/2012/01/introduccion-spring-mvc.html>

Todas las peticiones HTTP se canalizan a través del front controller donde el front controller no es más que un servlet cuya implementación es propia del framework el front controller averigua a que controller debe llamar para exponer la petición, se llama al controller que ejecuta la lógica y obtiene los resultados y me devuelve un JSF y un viewResolver me indica la vista a donde deben ir los datos y finalmente el front Controller me muestra los resultados de la operación realizada.

4.9 ESQUEMA DE CONECTIVIDAD

El siguiente esquema muestra la conectividad desde el punto del semáforo hasta el centro de control

Ilustración 45 Esquema de conectividad Sistema de control del tránsito de Bogotá



Fuente: <http://setp.avante.gov.co/index.php/que-es-el-setp/semaforos>

Cómo se logra evidenciar en la imagen la conectividad se base los siguientes escenarios

- Conexión Ethernet protocolos TCP o UDP o Fibra óptica.
- Conexión sensor semafórico (Traficam)
- Conexión Dispositivos sonoros y paneles de mensajería

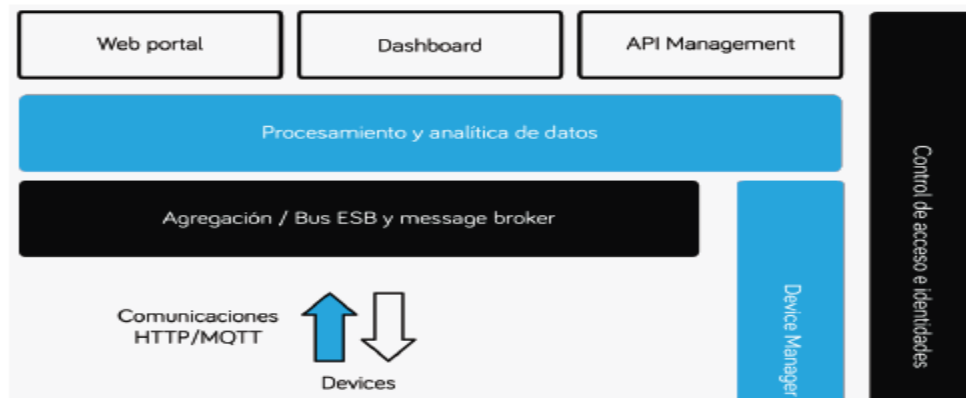
4.9.1 Comunicaciones y conectividad.

Se identifica que existe la necesidad de que la arquitectura deba soportar bridging, y a su vez permitir el acceso a una API basada en HTTP y así lograr el control del dispositivo y así poder ser usada como se evidencio en el diagrama de componentes.

Funciones del esquema de conectividad:

- Desconexión un dispositivo
- Actualizaciones de software
- Actualizaciones de las credenciales de seguridad
- Habilitar o deshabilitar componentes
- Localización
- Dar de baja la información en caso de perdida
- Reconfigurar el dispositivo remotamente

Ilustración 46 Modelo de capas de Conectividad Fuente: El Autor



Se logran identificar las siguientes capas

- Portal web, dashboard y APIs
- Procesamiento y analítica de datos
- Agregación / Bus – ESB y message bróker
- Comunicaciones – MQTT/HTTP
- Device

4.9.2 Capa de comunicaciones.

La capa de comunicaciones permite interconectar los dispositivos. Hay múltiples protocolos para la comunicación entre los dispositivos y el Cloud, Dentro de ellos sobresale:

- HTTP/HTTP (y RESTful sobre ellos)
- MQTT 3.1/3.1.1
- (CoAP)

Para este caso debido a los beneficios que ofrece cada uno de ellos se ha elegido HTTP ya que es el más estable debido a que cuenta con distintas librerías que lo soportan. Debido a que es un protocolo simple basado en texto, gran cantidad de dispositivos como los controladores de 8 bits lo pueden soportar y se pueden utilizar, recursos como el POST y el GET.

Sus beneficios son:

- Permite recolectar de manera más ágil el procesamiento de un evento
- Tiene una mayor usabilidad sobre firewalls y redes NAT

Se puede realizar también mediante un protocolo llamado WebSocket, que permite crear una conexión HTTP completa de forma bidireccional. Esto actúa de canal socket entre el servidor y el cliente.

4.9.3 Capa de agregación.

La capa de agregación permite identificar el mapeo del ID del dispositivo con el ID del propietario de este o viceversa, la capa de agregación tiene como fin el desarrollo de dos roles de seguridad o claves.

Actuar como un recurso de servidor OAuth2 (validando el portador de tokens y asociando los recursos de acceso).

Actuar como policy enforcement point (PEP) para las políticas de acceso. Y así poder permitir o denegar el acceso de los recursos.

4.9.4 Capa de procesamiento y análisis.

Esta capa coge los eventos del bus y proporciona la posibilidad de procesarlos y actuar sobre estos. Una capacidad esencial es la de guardar los datos en BBDD. Se elige la siguiente manera de hacerlo.

1) El modelo tradicional, el cual sería una aplicación server-side (por ejemplo, podría ser una aplicación JAX-RS respaldada por una base de datos; aun).

La propuesta es seguir las siguientes directrices:

- Alta escalabilidad, almacenaje de datos basado en columnas para guardar eventos
- Map-reduce para el procesamiento de datos orientados a batch de largo recorrido.
- Procesamiento de eventos complejos para el procesado en memoria y la actuación en casi tiempo real. Acciones automáticas basadas en la actividad de los dispositivos y los sistemas.
- Además, esta capa permite aplicaciones de procesamiento tradicionales, como Java Beans, JAX-RS logic, message-driven beans, o alternativas como node.js, PHP, Ruby o Python las cuales se resaltan en el diagrama de componentes.

Aprendizaje de Maquina

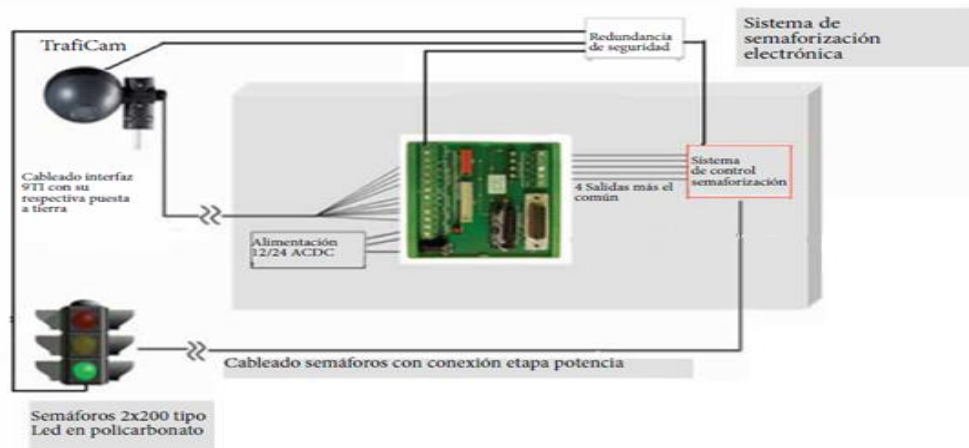
Para el aprendizaje de maquina se recomienda un algoritmo de aprendizaje hibrido entre redes neuronales y algoritmos genéticos que permita manejar grandes flujos de información y me permitan tratara información historia del sistema y así poder realizar análisis predictivos del tráfico mediante la tecnología OLAP, que consiste en que solo se realiza un proceso de integración en un DataWarehouse (DW) o en un Datamarts como un paso inicial para análisis eficiente de los datos, y así garantizar

que la base de datos no sea alterada esto hace que los procesos de toma de decisiones sean más ágiles y seguros.

4.9.5 Capa física.

Luego de abordar cada componente necesario para la implementación del sistema de semaforización inteligente en la ciudad de Bogotá se determinó lo siguiente:

Ilustración 47 Componentes de la capa física Fuente: El Autor



Los sensores que se deben usar para la toma de datos son cámaras TraficCam, Las cuales son cámaras y detectores cmos en un sensor compacto. Un regulador de tráfico MFU 3000 como el que fue usado en la ciudad de pasto Permitirá controlar la presencia de vehículos que se acercan o que esperan en un cruce, mediante el uso de bucles virtuales con inspección de video como se observa en la figura.

Además, puede detectar vehículos día y noche, se puede configurar hasta en ocho zonas, realizar un conteo de vehículos, detectar un contraflujo vehicular y se adapta a cualquier tipo de superficie. Otra característica que brinda este dispositivo es el cumplimiento de la Norma de compatibilidad electromagnética, y certificación de Equipos de tecnología de información debido a las Características de alteraciones de radio-Limites y métodos de medición.

Ilustración 48 Esquema de Conectividad intersección vial



Fuente: <https://www.lasemaforica.com/es/productos/deteccion-de-trafico/video-detectores/traficam>

Como se ilustra en la figura cada cruce dispone de unas cámaras TrafiCam, un semáforo tipo Led en policarbonato, dispositivos sonoros de semáforos peatonales y un controlador local que sería el encargado de integrar los dispositivos de la intersección.

Los semáforos led se seleccionaron debido a que son nuevas tecnologías de semaforización que existen en el mercado la utilización de leds, son recomendables por contar con ventajas importantes tales como:

- Consumen entre un 60% a 90% menos energía, dependiendo del estilo frente al alumbrado convencional incandescente.
- El hecho que se funda un led no implica que el semáforo deje de funcionar.
- Son libres de mantenimiento a corto plazo.
- Opera a una baja temperatura en relación con la luminosidad que proporciona.
- Alta resistencia a la vibración o golpes, debido a que carece de filamento.
- Vida útil extralarga de 50.000 a 100.000 horas.
- Sin radiación uv.
- Alto contraste de luz durante el transcurso del día.

5. VALIDACIONES

De acuerdo a lo planteado las validaciones se realizaron dos tipos de validación una validación por expertos con la asesoría del Magister en ingeniería Infraestructura y Sistemas de Transporte Cristian Mateo Loaiza Alfonso en donde se definen los conceptos viales con mayor impacto dentro del proyecto y son evaluados mediante la simulación del funcionamiento del semáforo y la optimización de los tiempos en la malla vial esta simulación se realiza en Synchro 8 donde permite ingresar las variable de tráfico y las condiciones que permite identificar la variación de los tiempos de cada estado del semáforo, cuanto tiempo debe esperar un vehículo para avanzar.

La simulación se llevó acabo tomando como referencia la Av. Américas, la Av. Boyacá y la Av. Calle 68 ya que se detecta un mayor flujo vial en este sector en la simulación se configuran los parámetros de dirección de cada carril y de acuerdo con los datos ingresados el sistema permite identificar la velocidad que puede alcanzar cada carril y el tiempo de espera de un vehículo.

Ilustración 49 Simulación elaborada en Synchro 8 Fuente: El Autor

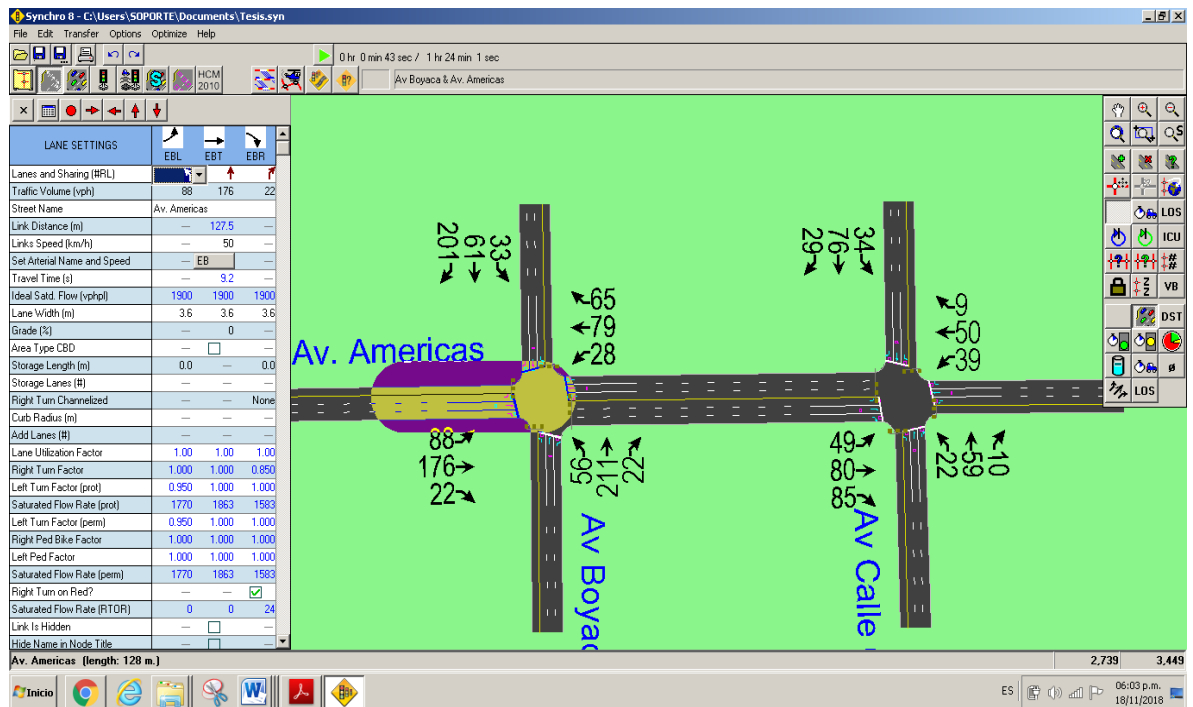


Ilustración 50 Resultados Obtenidos de la simulación Fuente: El Autor

























NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS												PED		HOLD
Node #	1	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR			
Lanes and Sharing (#RL)		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Traffic Volume (vph)		88	176	22	28	79	65	56	211	22	33	61	201			
Turn Type		Prot	—	Perm	Prot	—	Perm	Prot	—	Perm	Prot	—	Perm			
Protected Phases		7	4		3	8		5	2		1	6				
Permitted Phases				4			8			2			6			
Detector Phases		7	4	4	3	8	8	5	2	2	1	6	6			
Switch Phase		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Leading Detector (m)		2.0	10.0	2.0	2.0	10.0	2.0	2.0	10.0	2.0	2.0	10.0	2.0			
Trailing Detector (m)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Minimum Initial (s)		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0			
Minimum Split (s)		8.0	20.0	20.0	8.0	20.0	20.0	8.0	20.0	20.0	8.0	20.0	20.0			
Total Split (s)		8.0	20.0	20.0	8.0	20.0	20.0	8.0	20.0	20.0	8.0	20.0	20.0			
Yellow Time (s)		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5			
All-Red Time (s)		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
Lost Time Adjust (s)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Lagging Phase?		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Allow Lead/Lag Optimize?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Recall Mode		Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max			
Actuated Effct. Green (s)		4.0	16.0	16.0	4.0	16.0	16.0	4.0	16.0	16.0	4.0	16.0	16.0			
Actuated g/C Ratio		0.07	0.29	0.29	0.07	0.29	0.29	0.07	0.29	0.29	0.07	0.29	0.29			
Volume to Capacity Ratio		0.76	0.36	0.05	0.24	0.16	0.14	0.48	0.43	0.05	0.29	0.12	0.36			
Control Delay (s)		66.1	18.3	7.4	29.8	14.7	4.9	39.8	19.4	7.4	30.8	15.6	4.7			
Queue Delay (s)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Total Delay (s)		66.1	18.3	7.4	29.8	14.7	4.9	39.8	19.4	7.4	30.8	15.6	4.7			
Level of Service		E	B	A	C	B	A	D	B	A	C	B	A			
Approach Delay (s)		—	32.2	—	—	13.4	—	—	22.4	—	—	9.9	—			
Approach LOS		—	C	—	—	B	—	—	C	—	—	A	—			
Queue Length 50th (m)		10.4	16.1	0.0	3.3	6.0	0.0	6.5	19.8	0.0	3.8	5.2	0.0			
Queue Length 95th (m)		#32.3	31.0	4.4	10.7	14.2	6.5	#19.6	36.8	4.4	11.3	12.9	12.9			
Stops (vph)		72	135	9	30	49	10	53	165	9	34	45	30			
Fuel Used (l/hr)		7	8	1	2	3	2	3	9	1	2	2	3			
Dilemma Vehicles (#/hr)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Mediante esta grafica se evidencia que la aplicación permite realizar la configuración de los tiempos de duración de cada estado del semáforo de igual manera la cantidad de carriles y muestra en tiempo real el nivel de servicio de este carril de acuerdo con las variables iniciales ingresadas, se utiliza este programa con el fin de evidenciar que el uso de una arquitectura de IoT para la semaforización inteligente en Bogotá permitirá la reducción de los tiempos de espera en cada carril. De igual manera la aplicación muestra el consumo de gasolina estimada en litros.

A continuación, se muestra el reporte que arroja la simulación donde se identifica los volúmenes de vehículos por cada dirección de cada carril giro a la derecha “EBR”, giro a la izquierda “EBL” y ruta continua “EBT” de igual manera la velocidad máxima “Link Speed” y mínima sus giros permitidos los tiempos de cambio en el semáforo se definieron con una velocidad máxima de 50 K/h la tasa de flujo de saturación (Lane Group Flow) que dependen de las condiciones del tráfico y toda la información de estudio de cada carril.

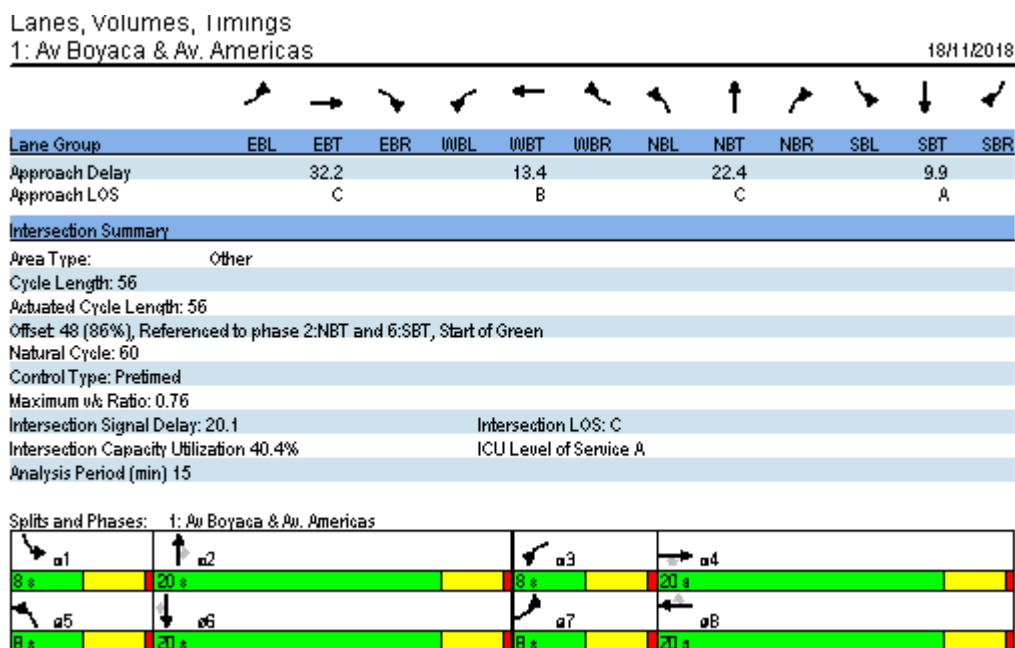
Ilustración 51 Resultados Obtenidos de la simulación Fuente: El Autor

Lanes, Volumes, Timings
1: Av Boyaca & Av. Americas 18/11/2018

												
Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations												
Volume (uph)	88	176	22	28	79	65	56	211	22	33	61	201
Ideal Flow (uphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Frt			0.850			0.850			0.850			0.850
Flt Protected	0.950			0.950			0.950			0.950		
Satvl. Flow (prot)	1770	1863	1583	1770	1863	1583	1770	1863	1583	1770	1863	1583
Flt Permitted	0.950			0.950			0.950			0.950		
Satvl. Flow (perm)	1770	1863	1583	1770	1863	1583	1770	1863	1583	1770	1863	1583
Right Turn on Red			Yes			Yes			Yes			Yes
Satvl. Flow (RTOR)			24			71			24			218
Link Speed (km/h)		50			50			50			50	
Link Distance (m)		127.5			168.6			102.7			84.0	
Travel Time (s)		9.2			12.1			7.4			6.0	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (uph)	96	191	24	30	86	71	61	229	24	36	66	218
Shared Lane Traffic (%)												
Lane Group Flow (uph)	96	191	24	30	86	71	61	229	24	36	66	218
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Right
Median Width(m)		3.6			3.6			3.6			3.6	
Link Offset(m)		0.0			0.0			0.0			0.0	
Crosswalk Width(m)		4.8			4.8			4.8			4.8	
Two way Left Turn Lane												
Headway Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Turning Speed (km/h)	25		15	25		15	25		15	25		15
Turn Type	Prot	NA	Perm	Prot	NA	Perm	Prot	NA	Perm	Prot	NA	Perm
Protected Phases	7	4		3	8		5	2		1	6	
Permitted Phases			4			8			2			6
Minimum Split (s)	8.0	20.0	20.0	8.0	20.0	20.0	8.0	20.0	20.0	8.0	20.0	20.0
Total Split (s)	8.0	20.0	20.0	8.0	20.0	20.0	8.0	20.0	20.0	8.0	20.0	20.0
Total Split (%)	14.3%	35.7%	35.7%	14.3%	35.7%	35.7%	14.3%	35.7%	35.7%	14.3%	35.7%	35.7%
Maximum Green (s)	4.0	16.0	16.0	4.0	16.0	16.0	4.0	16.0	16.0	4.0	16.0	16.0
Yellow Time (s)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
All-Red Time (s)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Lead/Lag	Lead	Lag	Lag	Lead	Lag	Lag	Lead	Lag	Lag	Lead	Lag	Lag
Lead-Lag Optimize?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Walk Time (s)		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0
Flash Dont Walk (s)		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0		11.0	11.0
Pedestrian Calls (#/hr)		0	0		0	0		0	0		0	0
Act Effct Green (s)	4.0	16.0	16.0	4.0	16.0	16.0	4.0	16.0	16.0	4.0	16.0	16.0
Actuated g/C Ratio	0.07	0.29	0.29	0.07	0.29	0.29	0.07	0.29	0.29	0.07	0.29	0.29
v/c Ratio	0.76	0.36	0.05	0.24	0.16	0.14	0.48	0.43	0.05	0.29	0.12	0.36
Control Delay	66.1	18.3	7.4	29.8	14.7	4.9	39.8	19.4	7.4	30.8	15.6	4.7

El reporte indica que, de acuerdo con los parámetros ingresados realizando una simulación durante 15 minutos sobre el flujo vial, como la capacidad de giro hacia la derecha, izquierda y línea recta de la intersección, la prueba se realiza con tiempos fijos en el cambio del semáforo, por ejemplo 3.5 Segundos para que el estado cambie a Amarillo y 0.5 Segundos para que el estado cambie a Rojo, de acuerdo a esto se obtiene el tiempo de espera por cada vehículo de acuerdo al tráfico, en la simulación los resultados obtenidos son:

Ilustración 52 Resultado de la simulación Fuente: El Autor



6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

6.1 CONCLUSIONES

Se identificaron los componentes principales de un sistema de control de tránsito, Un control semafórico, el equipo de control local y los dispositivos semafóricos estos componentes se basan sobre una infraestructura que permite la asistencia a accidentes, el monitoreo de CCTV, el control de patrullas, los paneles de mensajería variable y las estadísticas del tráfico de la malla vial, a través de sensores de tráfico.

Un sistema de control de tráfico debe permitir gestionar la ciudad mediante la información obtenida a través de los medidores de tráfico en la malla vial y facilitar el ajuste de los tiempos de los semáforos sobre cualquier intersección y debe ser capaz de asignar prioridades sobre la densidad del tráfico en caso de emergencias y realizar un registro en la base de datos.

Se decidió usar el estándar de conectividad de acuerdo con las arquitecturas de referencia identificadas que garantizan en las cuales se identificó una Alta escalabilidad, un almacenamiento de datos basado en columnas para guardar eventos donde se reduce el procesamiento de eventos complejos para el procesado en memoria y la actuación en tiempo real, encadenado en acciones automáticas basadas en la actividad de los dispositivos en el sistema.

Se Identifica que a nivel de capa física los dispositivos que se elijan para la implementación sean dispositivos de forma abierta que puedan interactuar con cualquier sistema o dispositivo de otro fabricante y así garantizar, que para eventos futuros no se presenten inconvenientes a nivel de funcionamiento y sobrecostos sobre el mantenimiento y adecuación del sistema de control.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la simulación se identifica que los tiempos de espera en las intersecciones disminuye mediante la variación en el flujo vial de acuerdo con esto si se implementa la arquitectura propuesta se mejoraría la calidad de vida de los ciudadanos, puesto que permite a las personas que se transportan en cualquier tipo de Vehículo llegar a su destino sin mayores contratiempos y ocupar así el tiempo en otras labores como su familia. Adicionalmente se podría afirmar que se lograría una disminución del nivel de ruido por los vehículos, ya que los conductores accionarían la bocina con menor frecuencia.

6.2 TRABAJO FUTURO

Este trabajo puede ser evaluado para ser implementado en la ciudad de Bogotá, según las consultas realizadas la implementación mejoraría la movilidad en un porcentaje óptimo, aunque estos datos pueden cambiar a favor al aumentar las horas de prueba y replicarlos en más intersecciones de la ciudad.

Realizar un estudio de acuerdo con lo abordado y ampliar la cobertura del modelo para que no sea tomado en cuenta solo a Bogotá si no a la vez sus alrededores y garantizar un mejor flujo vial en las salidas de la ciudad y municipios de Cundinamarca.

Se podría con la información captada realizar unas proyecciones de la densidad del tráfico a futuro, pero sería necesario que el modelo quedara completo, y esto se daría si se toman otros factores en la vía que afectan al conductor como el clima o la época del año.

Desarrollar el modelo del algoritmo basado en una metodología híbrida que cumpla con las características de la arquitectura propuesta y permita garantizar la velocidad máxima permitida sobre cada flujo vial de la ciudad siendo un modelo adaptativo a los constantes cambios de las variables del tráfico generadas por los sensores.

Realizar un estudio que permita mediante los sensores de video utilizar algoritmos que faciliten el reconocimiento facial y a su vez detectar la placa de los vehículos en la vía y con esta información realizar una consulta antes las centrales de seguridad y se logre mitigar los robos en la ciudad de Bogotá, esta iniciativa sería inicialmente en las principales ciudades y luego replicarlo en todo el país como un plan de desarrollo territorial.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. **espectador, El.** El espectador. [En línea] 13 de 02 de 2019.
<https://www.elespectador.com/noticias/bogota/bogota-la-ciudad-en-la-que-mas-tiempo-se-pierde-en-los-trancones-articulo-839474>.
2. **Tiempo, EL.** El Tiempo. [En línea] 13 de 03 de 201.
<https://www.motor.com.co/actualidad/industria/semafORIZACION-bogota-sigue-rojo/28366>.
3. **Radio, RCN.** RCN Radio. [En línea] 02 de 03 de 2018.
<https://www.rcnradio.com/judicial/policia-reconoce-falta-de-personal-para-cubrir-todas-las-necesidades-del-pais>.
4. **CARAGLIU, ANDREA.** Smart cities in Europe. [En línea] 2011. https://inta-aiVN.org/images/cc/Urbanism/background%20documents/01_03_Nijkamp.pdf.
5. **Helbing, S. Lammer D.** researchgate. [En línea] 02 de 2008.
https://www.researchgate.net/publication/1909621_Self-Control_of_Traffic_Lights_and_Vehicle_Flows_in_Urban_Road_Networks.
6. **GUAYAQUIL, UNIVERSIDAD DE.** UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. [En línea] 2017.
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/24010/1/B-CINT-PTG-N.226.%20Garc%C3%A9s%20Qui%C3%B1e%C3%B3nez%20N%C3%A9stor%20Patricio.Olaya%20Granda%20Juanita%20Valeria.pdf>.
7. **FRANCO, FELIPE MOTOA.** Bogotá, la sexta ciudad del mundo con más trancones. [En línea] 25 de 02 de 2018. <https://www.eltiempo.com/bogota/bogota-es-la-sexta-ciudad-del-mundo-con-mas-trancones-186730>.
8. **Tiempo, El.** El Tiempo. [En línea] 25 de 02 de 2018.
<https://www.eltiempo.com/bogota/bogota-es-la-sexta-ciudad-del-mundo-con-mas-trancones-186730>.
9. **Albrecht K, Michael K.** ieeexplore.ieee.org. [En línea] 2013.
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6684673>.
10. **Bogota, Alcaldía Mayor de.** Cittus. [En línea] 2005.
http://www.cittus.com/aym_images/files/Manuales_de_Planeacion_Tomo_I.pdf.
11. **TIEMPO, EL.** EL TIEMPO. [En línea] <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14634602>.
12. **N. Findler, y J, Stapp.** researchgate. [En línea] 1992.
https://www.researchgate.net/publication/286607969_Distributed_approach_to_optimized_control_of_street_traffic_signals.

13. **CARAGLIU. Op . cit., p.14.** [En línea]
14. **Helbing . Op. cit., p.13.** [En línea]
15. **K. K. Tan, M. Khalid, y R. Yusof.** Researchgate. [En línea] 2009. https://www.researchgate.net/publication/224124163_Adaptive_Neuro-Fuzzy_Traffic_Signal_Control_for_Multiple_Junctions.
16. **Echeverría, Carlos Martínez.** academica-e.unavarra. [En línea] 2015. <http://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/18685/CarlosMart%C3%ADnezEcheverr%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
17. **GUAYAQUIL. Op. cit., p.14.** [En línea]
18. **SAP.** SAP internet-of-things. [En línea] 2018. <https://www.sap.com/latinamerica/trends/internet-of-things.html>.
19. **Juntadeandalucia.** Juntadeandalucia. [En línea] 2019. <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/subsistemas/arquitectura/arquitectura-tecnologica>.
20. **PLANEACION, SECRETARÍA DISTRITAL DE. SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACION.** [En línea] 2019. <http://www.sdp.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario>.
21. **Ecured.cu.** Ecured.cu. [En línea] 2019. https://www.ecured.cu/Protocolos_de_red.
22. **Ecured.** Ecured. [En línea] 2019. https://www.ecured.cu/Red_en_estrella..
23. **Iluminet.** Iluminet. [En línea] 21 de 03 de 2011. <https://www.iluminet.com/9-ventajas-de-tec-led/>.
24. **Lizarraga, Carmen.** Eure. [En línea] 2012. <http://www.eure.cl/index.php/eure/article/download/118/544>.
25. **Lizarraga, C.** Revista Latinoamericana De Estudios Urbano Regionales. [En línea] 2012. <https://search-proquest-com.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co/docview/1021201957?account>.
26. **SAP. Op. cit., p.20.** [En línea]
27. —. [En línea]
28. **GUAYAQUIL. Op. cit., p.14.** [En línea]
29. **republica, senado de la.** *La Ley 769 del 6 de agosto de 2002,*. Bogota : constitucion politica de colombia, 2002.

30. **Nacional, Policia.** CODIGO NACIONAL DE TRANSITO. [En línea] 6 de 8 de 2002. s. d. l. republica, La Ley 769 del 6 de agosto de 2002,, Bogota: constitucion politica de colombia, 2002. .
31. **SALINERO, JULIAN GARCIA.** <http://webpersonal.uma.es>. [En línea] 7 de 2004. <http://webpersonal.uma.es/de/jmpaez/websci/BLOQUEIII/DocbIII/Estudios%20descriptivos.pdf>.
32. **sinnaps.** MÉTODO DE INVESTIGACIÓN CUALITATIVA. [En línea] 2007. <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/metodologia-cualitativa>.
33. **Paz, Dennis Chavez de.** unifr.ch. [En línea] https://www.unifr.ch/ddp1/derechopenal/articulos/a_20080521_56.pdf.
34. **Olivera, A. C., García-nieto, J.M., & Alba, E.** dx.doi.org.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co. [En línea] 2015. <http://dx.doi.org.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co:2048/10.1007>.
35. **Sctvia.** sctvia. [En línea] 2019. www.sctvial.com.
36. **Sctvia. Op. cit., p.28.** [En línea]
37. **GUAYAQUIL. Op. cit., p.14.** [En línea]
38. **Urbiotica.** Urbiotica. [En línea] 2019. <https://www.urbiotica.com/producto/u-flow-aforo/>.
39. **Microsystem.** Microsystem. [En línea] 2019. <https://www.microsystem.cl/rfid-que-es-y-para-que-sirve/>.
40. **GUAYAQUIL. Op. cit., p.14.** [En línea]
41. **Wni.** Wni. [En línea] 2019. https://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenasoporte&catid=31:general&Itemid=79.
42. **Madera, Victoria.** Kp4boricua. [En línea] 14 de 9 de 2015. <http://kp4boricua.org/pr/los-repetidores-2/>.
43. **Diarioti.** Diarioti. [En línea] 2018. <https://diarioti.com/intel-presenta-su-segunda-arquitectura-de-referencia-para-iot/91044>.
44. **jecrespom.** Aprendiendoarduino. [En línea] 2019. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/modelos-de-capas-iot/>.
45. **Avante.gov.** Avante.gov. [En línea] 2 de 8 de 2017. <https://www.avante.gov.co/gestion-sociopredial/notificaciones-y-citaciones/itemlist/user/183-avante?start=150>.
46. **Avante. Op. cit., p.37.** [En línea]

47. **Montevideo.** Montevideo. [En línea] 2019. <http://www.montevideo.gub.uy/centro-de-gestion-de-movilidad-el-transito-en-montevideo>.
48. **Montevideo. Op. cit., p.39.** [En línea]
49. **Sctvia. Op. cit., p.28.** [En línea]
50. **IEEE.** IEEE. [En línea] 2015. <https://standards.ieee.org/project/2413.html>.
51. **Cerebro-digita. [En línea] 2019. https://cerebro-digital.com/panel/knowledgebase/32/iQue-es-NGINX.html.**