

IMPORTANCIA DE LA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS INTELIGENTES, COMO
APOYO A LA GESTION DEL TRANSPORTE TERRESTRE AUTOMOTOR DE CARGA EN
COLOMBIA

MARIA LIZETH URQUIZA CUELLAR

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES EMPRESARIALES

PROGRAMA DE ADMINISTRACION LOGISTICA

GIRARDOT, CUNDINAMARCA

2022



Importancia de la implementación de sistemas inteligentes, como apoyo a la gestión del
transporte automotor de carga en Colombia

María Lizeth Urquiza Cuellar

Monografía de compilación para optar el título profesional como Administrador Logístico

Asesor: Luis Felipe Lozada Valencia

Universidad Piloto de Colombia

Facultad de Ciencias Sociales Empresariales

Programa de Administración Logística

Girardot, Cundinamarca

2022



Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	6
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
3. JUSTIFICACION.....	13
4. OBJETIVOS.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos.....	17
CAPITULO 1. MARCOS DE REFERENCIA.....	18
1.1. Marco teórico.....	18
1.1.1. Modelo de ruteo vehicular (VPR).....	18
1.1.2. Teoría de colas.....	20
1.1.3. Rutas de reparto.....	22
1.2. Marco conceptual.....	25
1.2.1. Cadena de suministro.....	25
1.2.2. Transporte de mercancías.....	26
1.2.3. Logística urbana:.....	27
1.2.4. Sistemas inteligentes de transporte.....	29
1.2.5. Logística de distribución.....	30
1.3. Estado del arte.....	31
1.4. Marco espacial.....	42
1.5. Marco temporal.....	46
1.6. Marco legal.....	48
1.6.1. Decreto 2060 de 2015.....	48
1.6.2. Resolución 546 de 2018.....	48
1.6.3. CONPES 3982 de 2020.....	49
CAPITULO 2. ASPECTOS METODOLOGICOS.....	50
CAPITULO 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	70

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Posición de las principales economías de América Latina en el IGC 2018-2019.	11
Ilustración 2. Puntaje por pilar del IGC 2019	12
Ilustración 3. Puntuación y variación (%) componente LPI 2018	12
Ilustración 4. Red nacional de carreteras.....	13
Ilustración 5. Administración de la red vial nacional.....	14
Ilustración 6. Classical Vehicle Routing Problem.....	19
Ilustración 7. Elementos básicos de los modelos de línea de espera.....	21
Ilustración 8. Ejemplo de disposiciones para instalaciones de servicio	21
Ilustración 9. Ejemplo de modelo centralizado	23
Ilustración 10. Ejemplo de modelo centralizado	23
Ilustración 11. Rutas de reparto.....	24
Ilustración 12. Principales actores dentro de una cadena de suministro	26
Ilustración 13. Logística vs Transporte	27
Ilustración 14. Actores y contexto de la distribución urbana de mercancías	28
Ilustración 15. Entorno Urbano Inteligente.....	30
Ilustración 16. Gestión de distribución de productos hasta su fase final que es el consumidor..	31
Ilustración 17. Carga movilizada por empresa	43
Ilustración 18. Viajes en vehículos de carga en Bogotá al día	44
Ilustración 19. Viajes en vehículos de carga en Cundinamarca al día	44
Ilustración 20. Volumen vehicular diario por corredor en Bogotá.....	45
Ilustración 21. Cronograma de actividades	47
Ilustración 22. Investigación aplicada	50
Ilustración 23. Estructura del proceso metodológico	52
Ilustración 24. Departamentos con peajes electrónicos.....	55
Ilustración 25. Sistemas de TRAFICONTROL	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Revisión sistémica de literatura	38
Tabla 2. Áreas de aplicación de los SIT.....	55
Tabla 3. SIT implementados en América Latina	57
Tabla 4. Sistemas ITS implementados y sus funcionalidades.....	62

1. INTRODUCCION

En la economía actual el avance tecnológico influye de manera significativa en pro de mejorar los procesos, ya que la innovación ha permitido alcanzar mayores niveles en términos de competitividad, incorporando sistemas y procesos informáticos con la finalidad de optimizar los recursos disponibles, el transporte automotor de carga al ser una de las actividades principales de la economía no está aislado de esta evolución, el desempeño eficiente en la movilidad es una de las problemáticas que más influyen en la calidad del servicio, el problema se encuentra enmarcado en tres aspectos simultáneos que son; las condiciones de la malla vial, poca implementación de las TICS (tecnologías de la información y la comunicación) en la infraestructura vial y vehículos, el desempeño de los mismos y la cobertura de red.

Por lo tanto, se realiza una descripción de los SIT (sistemas inteligentes de transporte) como herramienta para el control del tránsito y transporte, proporcionando soluciones a problemas frecuentes como la congestión vehicular, accidentalidad y contaminación ambiental, el análisis se llevó a cabo mediante la recopilación de información de artículos de diferentes autores y fuentes de información como publicaciones de empresas gubernamentales, donde se exponen los diferentes dispositivos y aplicaciones que se encuentran en uso a nivel nacional y además la revisión de algunas arquitecturas del sistema inteligente de transporte aplicadas en Latino América.

En el desarrollo de la investigación también se enfatiza en los beneficios que ofrece la implementación de los SIT para una gestión eficiente, segura y sostenible de la infraestructura vial y los procesos, se describe la situación actual, agentes implicados, se analizan temas relacionados con computación en la nube, IoT (internet de las cosas) y algoritmos big data, los cuales representan un gran aporte de las TICs (tecnologías de la información y la comunicación), además

que contribuyen a la reducción de costos de las operaciones de distribución de carga, también es importante resaltar con la creciente modalidad de automatización de los procesos y análisis de grandes cantidades de datos, se realiza una revisión de las aplicaciones computacionales más funcionales en el sector, para el procesamiento de datos, imágenes en tiempo real y recolección de información precisa para la ejecución de actividades concernientes a la distribución de mercancías, la transformación digital es uno de los propósitos que las organizaciones quieren alcanzar ya que proporciona ventajas competitivas como la innovación, altos niveles de eficiencia y capacidad de respuesta.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El TAC (transporte automotor de carga) se dimensiona como uno de los principales modos para transportar mercancías por el medio terrestre, en las zonas regionales y a nivel mundial, siendo este un componente principal en la misión de la logística de carga, permite contar con una conexión tanto local como regional y alcanzar internacionalmente acceso en las cadenas de valor. En el caso de sur América, los automotores desplazan aproximadamente el 30% del volumen del comercio inter-regiones, en México, el TAC realiza el 62% de las exportaciones, tenidas en cuenta por el valor total de la mercancía comercializada, en centro América se evidencia que el total del comercio entre regiones se transporta en camiones, al igual que el 30% de las exportaciones. El tercer segmento de participación del transporte automotor de carga es en el movimiento dentro de las localidades, la actividad de las cargas urbanas ha crecido notablemente, en el mundo y también en Latino América.

En la práctica del sector, se analiza básicamente por su rendimiento y calidad en la prestación del servicio, este se puede ponderar en varios puntos de vista, en lo concerniente a las flotas, las cifras datan que se han venido aumentando en forma sostenida en el territorio, la tasa anual en Chile ha sido del 5,7%, y en México del 5,4%, además se han determinado algunas causas que perjudican el ejercicio del transporte automotor de carga y estos son la extensión y calidad de la malla vial, que han venido mejorando en las ALC (actividades logísticas centralizadas) en los últimos años, aunque se presentan aún debilidades, como, el despliegue de la BAM (banda ancha móvil), la cual se establece como parte principal para contar con información en tiempo real para los implicados en las cadenas de suministro en cualquier lugar de la región es mínima, teniendo en cuenta que el alcance y la velocidad de la banda ancha móvil en las actividades logísticas centralizadas es

notablemente inferior que, en economías desarrolladas, primordialmente en lo que concierne a servicios 4G; esto se debe a que la mayor fragilidad se enmarca en el alcance fuera del área urbana, en las carreteras donde normalmente transitan los camiones con servicios interurbanos e internacionales.

Múltiples causas ayudan a aumentar estas brechas de retraso, tanto exteriores como interiores, que se encuentran entrelazados, estos se pueden organizar de acuerdo con el impacto que generan:

- Factores que reducen el rendimiento del sector, como: las empresas con mínimos de compradores, la informalidad, la calidad y antigüedad de los equipos, la familiaridad con los prestadores de servicios, las condiciones de la malla vial y la notable falta incorporación de tecnologías de la información y la comunicación.
- Factores que aumentan el costo de los fletes, como: los costos por impuestos, los costos por empleados y las peticiones sindicales, el costo de los hidrocarburos, la calidad de la malla vial, la falta de una competencia en algunos servicios, las características de contratación de servicios, los seguros contra hurto o robo, el desempeño del vehículo.
- Factores que atentan contra la calidad del servicio, como: la malla vial, implementación de las TICs (tecnologías de la información y la comunicación) para los procesos de asignación de cargas y rutas, además la no estabilidad de las economías.
- Factores que aumentan las externalidades negativas, como: incumplir la normatividad, pocos controles, la vida útil de las flotas y la calidad de los hidrocarburos.

Tres redes de infraestructura que afectan el desempeño del vehículo automotor de cargas son: la malla vial, las telecomunicaciones y el abastecimiento de energía (combustibles), su mayor o menor recurso y calidad de servicio pueden incidir sensiblemente sobre el desarrollo

de la actividad del transporte automotor de carga, para contextualizar, la banda ancha suministra la infraestructura básica para los procesos digitales de soporte a la logística, se hace necesaria para poder ordenar la información que requieren enviar o recibir los actores de las cadenas de suministro en cualquier sitio, se requiere de un punto que tenga adecuada cobertura y rapidez, para subir o bajar información.

El mayor quebranto se encuentra en la cobertura afuera de las áreas urbanas, a lo extenso de las carreteras donde circulan los camiones: la investigación de los mapas muestra que, excepto a las rutas troncales, en muchas otras la cobertura es discontinua o nula, y limitada a servicios de bajas velocidades, esta debilidad la cual es mucho más acentuada en Sudamérica que en México y Centroamérica dificulta la digitalización de los servicios en el transporte automotor de carga, para el rastreo e inspección de vehículos, cargas y conductores (Barbero, Fiadone, & Milán Placci, 2020).

El Sector Transporte, es un importante fortalecedor de la economía colombiana, de acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), representa cerca del 3,9% del Producto Interno Bruto (PIB). En la edición 2019 del Índice Global de Competitividad (IGC), Colombia se situó en la posición 57 entre 141 economías del mundo, con un puntaje de 63%; con respecto a la edición 2018 del IGC, el país subió tres posiciones y presentó una alteración de 1,6% en su puntaje, a nivel mundial, el país con mejor calificación es Singapur, con 84,8 puntos (ver ilustración 1).

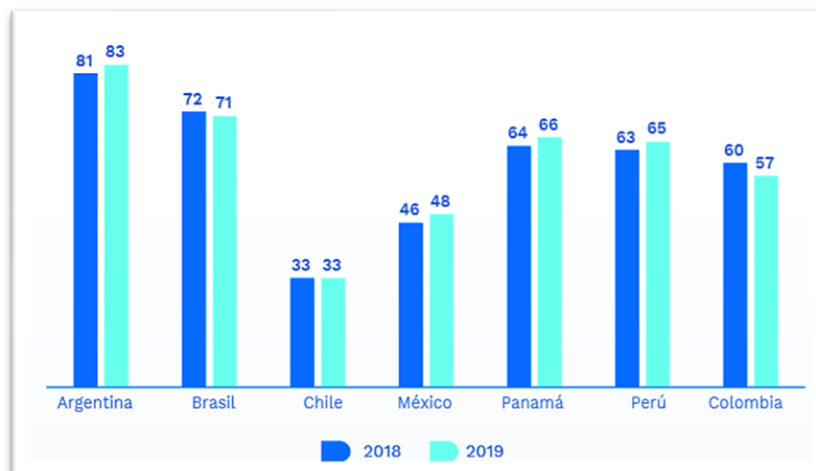


Ilustración 1. Posición de las principales economías de América Latina en el IGC 2018-2019

Fuente: Ministerio de Transporte (2019)

Con relación a las principales economías de América Latina, Colombia se encuentra posicionado por detrás de Chile y México, los cuales se ubican en el ranking del año 2019, en los lugares 33 y 48, respectivamente, junto con Brasil, fueron las dos economías que ascendieron en las posiciones del IGC (índice de garantía de competitividad en el arrendamiento), con respecto al 2018. El elemento en el cual Colombia se ubica en la posición más inferior es con relación a la calidad de la malla vial, con un puntaje de 3,4%. Según el Índice de conectividad de carreteras, Colombia debe continuar con su proceso de mejora, lo cual está relacionado con los esfuerzos que viene ejecutando el Gobierno Nacional con la finalidad de dinamizar su infraestructura, mediante acciones como la construcción, mantenimiento y mejoramiento de los corredores viales. (ver ilustración 2).

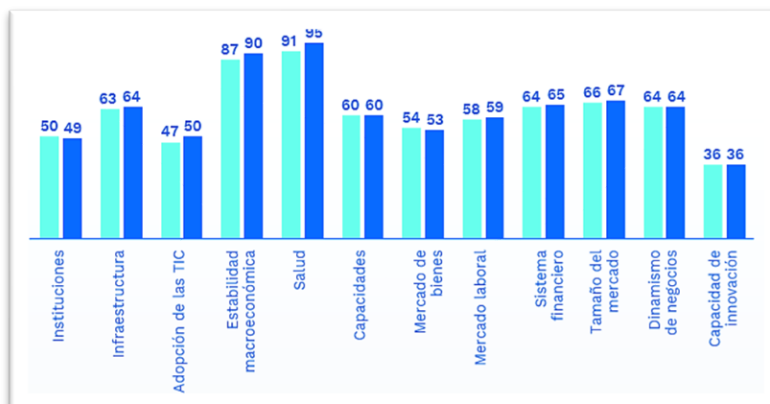


Ilustración 2. Puntaje por pilar del IGC 2019

Fuente: Ministerio de Transporte (2019)

En cuanto al desempeño logístico, en la medición de 2018 (ver ilustración 3), Colombia se posiciono en el puesto 58 entre 160 economías, superado por países latinoamericanos tales como Chile (34), Panamá (38), México (51) y Brasil (56). Se logra evidenciar que de las economías latinoamericanas, Colombia fue la que más acrecentó, tanto en posición como en puntaje, ya que pasó del puesto 94 al 58 y de una puntuación de 2,61 a 2,94, lo que implica una variación del 12,6% (Ministerio de transporte, 2019).



Ilustración 3. Puntuación y variación (%) componente LPI 2018

Fuente: Ministerio de Transporte (2019)

3. JUSTIFICACION

“La red vial nacional colombiana se constituye por la red primaria a cargo de la nación; red secundaria a cargo de departamentos; y la red terciaria a cargo en su mayoría de los municipios”. En la red primaria se encuentra las grandes autopistas como son las transversales y troncales, la red secundaria se conforma por vías que unen los municipios y carreteras principales, la red terciaria constituida por caminos inter veredales (ver ilustración 4). “Cuenta con una red vial de 205.379 Km de carretera, de los cuales el 9% (17.958 Km)⁵ corresponde a la red primaria, 22% (45.137 km) a la red vial secundaria y el 69% (142.284 km) corresponde a vías terciarias” (Ministerio de transporte, 2019).

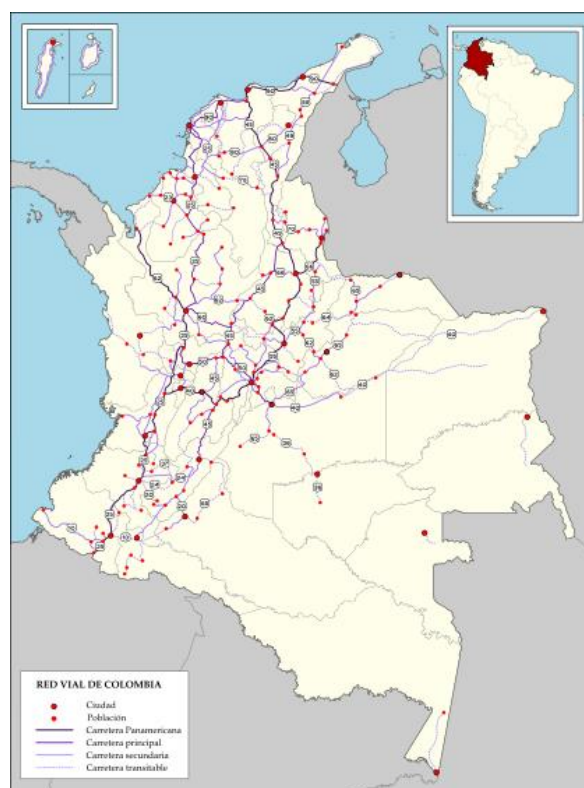


Ilustración 4. Red nacional de carreteras

Fuente: ANI (2008)

De los 17.958 Km de red primaria a cargo de la nación, 61% (10.959 Km) son coordinados por el Instituto Nacional de Vías - INVÍAS y el 39% (6.999 Km) son gestionados por la ANI (Agencia Nacional de Infraestructura) bajo contratos de concesión. La red secundaria se encuentra en su totalidad bajo administración departamental y de los 142.284 km de red terciaria, 71% (100.748 Km) son dirigidos por municipios, 10% (3.959 Km) se encuentran bajo administración departamental y el 19% (27.577 Km) a cargo de la nación es administrado por el INVÍAS (ver ilustración 5).

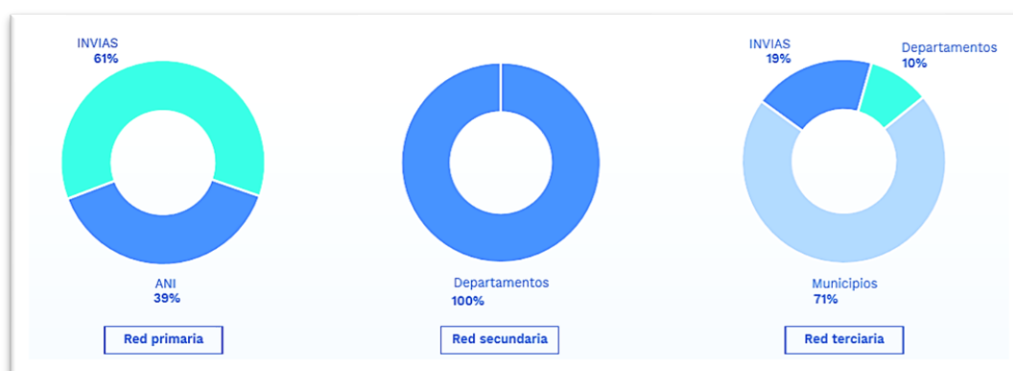


Ilustración 5. Administración de la red vial nacional

Fuente: Transporte en cifras (2019)

En Colombia se logró transportar un total de 305 millones de toneladas en el año 2019, lo que significó un incremento del 1,6 % con relación al 2018, en donde se había trasladado 300 millones de toneladas, el transporte terrestre es el más relevante dentro del total de movilización de carga, con un 81 % de participación; seguido por el modo férreo, con el 16,5 %; el modo fluvial con el 1,6 %; el cabotaje con un 0,9 %, y el modo aéreo con un 0,1 %. En 2019 se trasladaron 246.989.600 toneladas en el modo carretero, distribuidas en 35.004.333 viajes estimados, donde en promedio se movilizaron 7,05 toneladas por viaje, de las toneladas transportadas, tan solo el 6 % se ejecutaron en contenedores, lo que equivale a 14,8 millones de toneladas, de la carga transportada,

se enfatiza que los fundamentales centros de producción y consumo están localizados en Bogotá y Medellín, así mismo, los puertos principales para la generación y atracción de carga son Buenaventura, en la Costa Pacífica, y Cartagena y Barranquilla, en la Costa Atlántica.

En lo referente a la operación, el sector está constituido por 3.468 empresas habilitadas por el Ministerio de Transporte para ofrecer el servicio de transporte de carga por carretera, de estas, se estima que 1.734 empresas se encuentran operando en los corredores de transporte nacional, por su parte, el parque automotor de carga con capacidad superior a 10,5 toneladas está conformado por 129.108 vehículos (camiones y tracto camiones), que transportaron las toneladas de carga que se movilizaron por el modo carretero, en el año 2019, con base en datos del RUNT (registro único de nacional de tránsito) en el país había 15.627.240 vehículos de transporte terrestre, lo que representa un crecimiento del 12,7 % con relación al año 2018, donde se tenían registrados 13.862.679 unidades. En el año 2019 el RUNT reporta la matrícula de 886.731 vehículos, lo cual representa un crecimiento de 8,4% respecto del año 2018 (Ministerio de transporte, 2019).

Los Sistemas Inteligentes de Transporte, conocidos mundialmente como ITS, por sus siglas en inglés, tienen como base fundamental mejorar la eficiencia en la comunicación de información y control, para usuarios y operadores, con la finalidad de perfeccionar el nivel de servicio de las carreteras y aumentar la seguridad de la operación. El Ministerio de Transporte entendiendo la importancia de los sistemas inteligentes de transporte de forma general para los ciudadanos y la economía, desde hace varios años, viene desarrollando trabajos para apoyar los proyectos ITS desde su concepción inicial de formulación, preparación y despliegue de servicios a nivel local o nacional.

“La iniciativa ITS es un equipo de trabajo que busca apoyar y dar lineamientos para el diseño e implementación de los sistemas inteligentes de transporte en Colombia a través del uso de

estándares internacionales” (Ministerio de transporte, 2018). Con base en la información recolectada, se evidencia la influencia que tiene el transporte automotor de carga dentro de la producción nacional, ha sido notoria la reactivación del sector en los últimos dos años por lo tanto con la presente monografía se busca resaltar la importancia de las SIT aplicables tanto a los vehículos como a la infraestructura vial con la finalidad de compartir información acerca de cada uno de los eslabones del transporte para agilizar el tránsito y ser más eficientes en la movilidad del transporte, teniendo en cuenta lo anterior se plantea la pregunta; **¿Cuál es la importancia de implementar sistemas inteligentes para la gestión eficiente del transporte terrestre automotor de carga en Colombia?.**

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Demostrar la importancia de la implementación de sistemas inteligentes, como apoyo a la gestión del transporte terrestre automotor de carga en Colombia.

Objetivos específicos

- Analizar la influencia que tienen las nuevas tecnologías en el transporte terrestre automotor de carga que permiten una mayor eficiencia en el proceso de entrega de mercancías.
- Identificar que sistemas inteligentes de transporte son usados como herramientas de gestión en el transporte terrestre automotor de carga.
- Determinar si los sistemas inteligentes implementados en el transporte automotor de carga en Colombia contribuyen como herramienta de eficiencia para los operadores logísticos.

CAPITULO 1. MARCOS DE REFERENCIA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Modelo de ruteo vehicular (VPR)

Dentro de los puntos claves para la optimización de costos, se identifican diferentes problemas dentro del área de tráfico y transporte, a nivel táctico es indispensable la toma de decisiones en la selección de los medios de transporte, definición del tamaño de la flota, programación de las rutas de los vehículos que atenderán los pedidos de los clientes, considerando limitaciones de tiempo. Dentro de las actividades a desarrollar por el gerente de tráfico está la planificación de rutas de entrega de pedidos a los clientes en búsqueda de reducir los costos, minimizar el tiempo y la distancia recorrida hacia cada punto de entrega, utilizar el menor número de vehículos de transporte, mejorar el servicio al cliente a través de las rutas óptimas que deberán seguir los vehículos o flotas sobre una red de distribución (Valles Romero, 2013).

En su concepción más amplia, el estudio del problema de ruteo vehicular se plantea en términos generales como un depósito y conjunto de clientes, plantas o centros de distribución dispersos geográficamente que son atendidos por una flota de transporte (ver ilustración 6), que busca determinar el conjunto de rutas de costo mínimo que comiencen y terminen en el depósito para que los vehículos visiten a los clientes máximo una vez. (Daza, y otros, 2009). De acuerdo con Larson y Odoni (1981), se identifican los siguientes elementos del ruteo: vehículos de transporte unitarios o por flota, capacidad de diseño y operativa de los vehículos de transporte, nodos de la

red o sitios donde se encuentran los clientes y/o proveedores, plantas, terminales de transbordo, almacenes y centros de distribución, así como la demanda y red misma de transporte.

En la literatura del transporte se identifican tres tipos básicos de problemas de ruteo:

- Diseñar rutas sobre una red donde el origen es diferente al punto destino.
- Definir rutas de transporte entre múltiples orígenes y destinos.
- Trazar rutas cuando el origen y el punto de destino son los mismos.

Las rutas pueden llegar a ser fijas o variables en cada periodo, lo que dependerá de la demanda de los clientes, el ruteo de vehículos (VRP) es un conjunto de problemas los cuales busca atender las solicitudes de productos o servicios por parte de los clientes, donde cada uno de ellos se encuentra disperso geográficamente, la solución que ofrece esta teoría es precisar cuáles clientes serán atendidos por cada vehículo y un cronograma para minimizar el costo total, considerando las restricciones como puede ser la capacidad del vehículo y tiempo de despacho (Valles Romero, 2013).

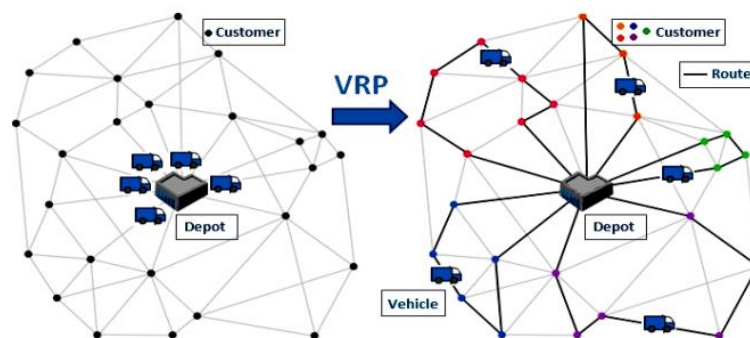


Ilustración 6. Classical Vehicle Routing Problem

Fuente: An Enhanced Ant Colony Optimization Algorithm for Vehicle Routing Problem with Time

Windows (2017)

1.1.2. Teoría de colas

La teoría de colas, estudia las filas de espera, analiza los procesos de llegada, acumulación en una fila de espera por los prestadores de servicios, con base en esta teoría es posible obtener el cálculo de diferentes métricas del proceso del servicio, que sirve como apoyo a los responsables de estos procesos para tomar decisiones en materia de servicio, costo y tiempo, los conceptos básicos de la teoría abarcan: La clasificación de los clientes que se encuentran en un establecimiento; los cuales están conformados por los clientes que están en fila de espera y los clientes que están siendo atendidos por algún agente de servicios, los tiempos dentro de un centro de servicio que se relaciona con la velocidad de desplazamiento de los clientes dentro del centro de servicio y el tiempo promedio de espera en la fila (Llanos, 2014).

La teoría de colas o líneas de espera se puede aplicar a empresas de servicio y manufactura, el análisis de los problemas de las líneas de espera incluye la descripción de los elementos básicos (ver ilustración 7), los más comunes son: un insumo o población de clientes, una línea o fila de espera, la instalación de servicio, una regla de prioridad para determinar quién será el próximo en ser atendido, adicional se constituye por la disposición de instalaciones de servicio (ver ilustración 8), que se enfatiza en el personal y equipo necesario para prestar el servicio, los cuales se clasifican de la siguiente manera (Carro Paz & González Gómez, 2012).

- Un solo canal y una sola fase: Los servicios solicitados son atendidos por una instalación con un solo servidor.

- Un solo canal y múltiples fases: Los requerimientos de los clientes se distribuyen en secuencia por diferentes instalaciones.
- Múltiples canales y una sola fase: El servicio está constituido por diferentes instalaciones, donde cada una representa una fase y conlleva a una secuencia de actividades.
- Disposición mixta: Se caracteriza por disponer de varios servidores y múltiples canales de atención.

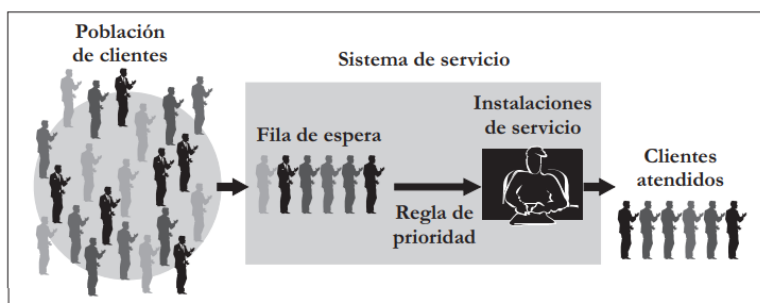


Ilustración 7. Elementos básicos de los modelos de línea de espera

Fuente: Modelos de líneas de espera. (2012)

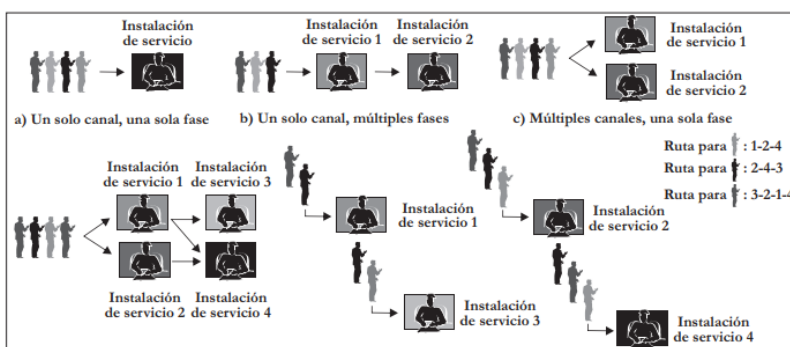


Ilustración 8. Ejemplo de disposiciones para instalaciones de servicio

Fuente: Modelos de líneas de espera. (2012)

1.1.3. Rutas de reparto

Las rutas de reparto hacen referencia a la trayectoria que transita cada vehículo, tomando como factores de referencia; el punto de origen, visitando todos los puntos de reparto, hasta que vuelve vacío al punto de origen. La planificación de rutas de reparto es una de las principales problemáticas que se plantea en un sistema de distribución, para llevar a cabo esta estructuración se deben tener en cuenta las siguientes variables: situación del centro de distribución, ubicación y número de los puntos de reparto, frecuencia de las entregas, volumen de mercancía, tiempo empleado en el reparto, de acuerdo a las formas de realizar el proceso de distribución se pueden diferenciar los siguientes modelos (ver ilustración 11): centralizada, descentraliza y mixta que se explicarán a continuación (Pau i cos, Yubero Esteban , & De navascués y Gasca, 1998).

Centralizada: Se origina desde el almacén central donde se distribuyen a grandes superficies y a puntos de venta, se implementa cuando el almacén está cerca a lo puntos de reparto o la distribución se realiza utilizando vehículos completos de gran capacidad. El avance de las tecnologías de la información y la comunicación en relación con los clientes como el internet, el EDI (intercambio electrónico de datos) y las mejoras en los plazos de entrega debido al progreso en carreteras y autopistas han permitido optimizar la distribución de mercancías (ver ilustración 9).



Ilustración 9. Ejemplo de modelo centralizado

Fuente: Universidad Militar Nueva Granada (2013)

Descentralizada: Se origina en el almacén central donde se distribuye a almacenes reguladores donde serán distribuidos a los puntos de venta, esta modalidad se utiliza cuando los puntos de reparto se encuentran ubicados muy distantes del almacén central, con pocos volúmenes de mercancía, para ser abastecidos desde el almacén regulador, la mayor ventaja de este modelo es la proximidad de los productos al punto de destino y la mayor desventaja es el alto costo de infraestructura (ver ilustración 10).

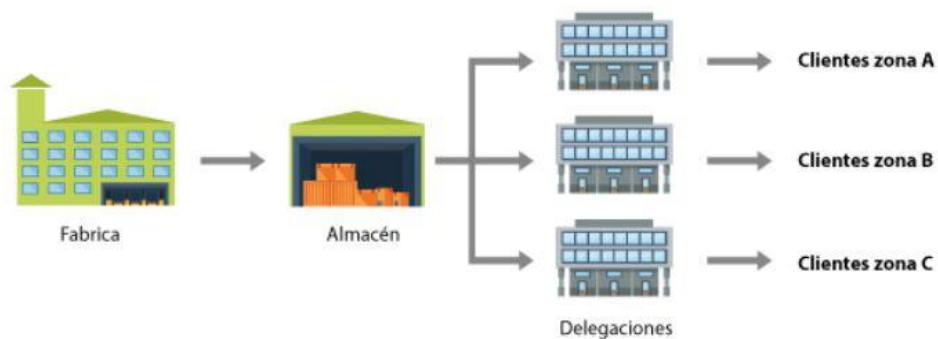


Ilustración 10. Ejemplo de modelo centralizado

Fuente: Universidad Militar Nueva Granada (2013)

Mixta: Se basa en la unión de los modelos centralizado y descentralizado según las zonas que requieran atención y los productos a distribuir.

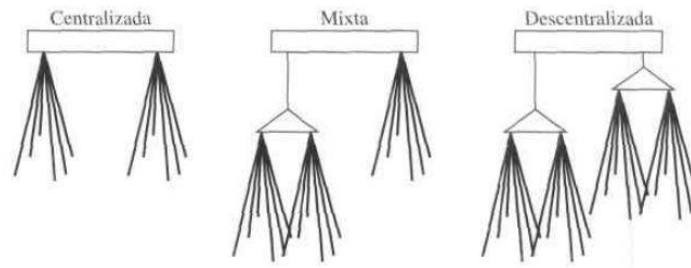


Ilustración 11. Rutas de reparto

Fuente: Manual de logística integral (1998)

1.2.Marco conceptual

1.2.1. Cadena de suministro

Es el conjunto de actividades que abarca desde el diseño de un producto o servicio, hasta su entrega o prestación a los consumidores finales, el desempeño de una cadena de suministro depende de múltiples actores, incluyendo a los proveedores de insumos, las empresas manufactureras y los canales de comercialización, incluyendo también los actores que facilitan el flujo de productos e información a lo largo de la cadena (ver ilustración 12). Para su correcto funcionamiento, se requieren de prestadores de servicios logísticos, financieros y de tecnología, como instituciones públicas que faciliten el desarrollo de la infraestructura y la construcción de un entorno de negocios funcional (Calatayud & Katz, 2019).

La cadena de suministro es un servicio logístico donde intervienen todas las operaciones necesarias para que el producto llegue al consumidor final en óptimas condiciones y cumpliendo con la filosofía de justo a tiempo, los procesos que se llevan a cabo son el aprovisionamiento, fabricación, almacenamiento, distribución, venta y entrega. Comprende acciones de planificación, ejecución y control de las actividades correspondiente al flujo de materiales y de información, los actores que participan en la ejecución de la cadena son: fabricantes, proveedores, distribuidores y consumidores.

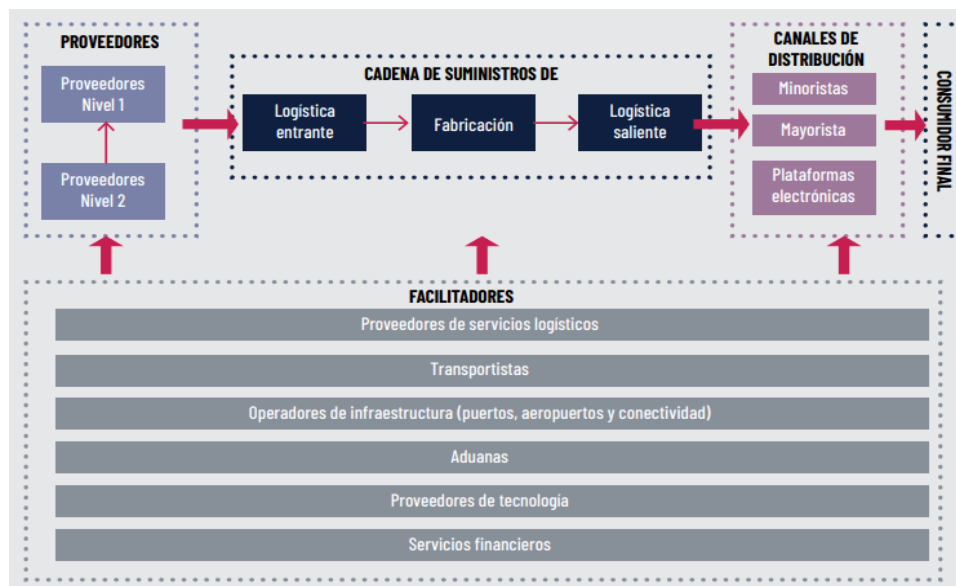


Ilustración 12. Principales actores dentro de una cadena de suministro

Fuente: Banco interamericano de desarrollo (2019)

1.2.2. Transporte de mercancías

Son todas las actividades vinculadas directa e indirectamente con la necesidad de situar los productos en los puntos de destino correspondientes, de acuerdo con unos parámetros de seguridad, rapidez y coste, la calidad del servicio de transporte está en función de las exigencias del mercado, englobando una serie de requerimientos: Rapidez y puntualidad en la entrega, fiabilidad en las fechas prometidas e información y control del transporte. Los objetivos básicos del transporte desde un punto de vista logístico, se centran fundamentalmente en los siguientes aspectos: dar una completa satisfacción al cliente en los términos de rapidez de entrega, fiabilidad en la fecha prometida y calidad en la manipulación del transporte, así como minimizar los costos de la gestión (Anaya Tejero , 2009). El transporte de mercancías es una de las actividades más importante en el desarrollo logístico de las organizaciones ya que permite la movilización de los materiales o

mercancías desde un lugar a otro, vinculando a empresas, proveedores y clientes (ver ilustración 13).



Ilustración 13. Logística vs Transporte

Fuente: TANDEN TRANSPORTES (2019)

1.2.3. Logística urbana:

La logística urbana es el eslabón de la cadena del transporte de mercancía que se sitúa dentro de la ciudad, su principal razón de ser es proporcionar un servicio de aprovisionamiento y distribución tanto a los establecimientos empresariales localizados en ella como al consumidor final. En el marco de la distribución urbana de mercancías, hay dos tipologías principales de agentes: los que ofrecen servicios logísticos y las empresas o usuarios que requieren del servicio, en cuanto a los agentes que ofrecen servicios logísticos, han sido clasificados en función del tipo de producto o servicio que proporcionan, en este grupo encontramos: los PEC (transporte de paquetería, express y courier), los operadores logísticos, los distribuidores, los productores mismos (que en algunos casos internalizan la actividad logística) y los establecimientos que llevan a cabo auto aprovisionamiento de mercancías (ver ilustración 14). Las ciudades actuales son centros dinámicos en los que convergen un continuo de actividades comerciales, logísticas e industriales que

coexisten diariamente con la residencia de sus habitantes y la llegada del turismo visitante, estas circunstancias, hace que coincidan en la ciudad, cotidianamente, las necesidades de movilidad comercial (Institut, 2010).

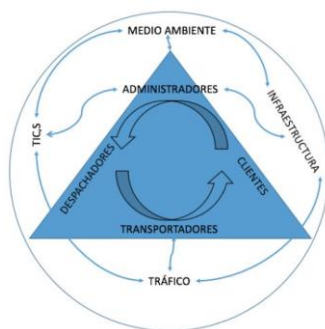


Ilustración 14. Actores y contexto de la distribución urbana de mercancías

Fuente: Modelos logísticos aplicados a la distribución urbana de mercancías (2017)

La distribución urbana de mercancías conforma la logística de ciudad y es el último eslabón de servicio en la cadena de transporte, también conocido como último kilómetro, incluyendo todos los movimientos relacionados con el comercio, suministro y distribución de productos en las ciudades (Arango Serna , Gómez Marín, & Serna Urán, 2017). La logística urbana hace referencia al conjunto de acciones que son desarrolladas para llevar a cabo la movilidad de productos, personas y servicios en las ciudades, involucrando actividades de suministro, comerciales y de distribución, la logística urbana impacta a los oferentes, demandantes, autoridades locales y usuarios de las vías públicas, tiene como objetivo optimizar tiempo y distancia, además de la planeación y manejo integral en búsqueda de soluciones que logren mejoras individuales y/o colectivas.

1.2.4. Sistemas inteligentes de transporte

Los sistemas inteligentes de transporte (SIT), son esencialmente la integración del desarrollo de la informática, información tecnológica y telecomunicaciones vinculadas al sector automotriz y de transporte, su función clave es el manejo en tiempo real de vehículos y redes que interfieren en el movimiento de carga y personas. El transporte y por lo tanto los SIT integran tres componentes para ejercer su funcionalidad los cuales serán explicados a continuación (Sayeg, 2006).

- Infraestructura: Representado por sensores, señales de tránsito y peajes.
- Vehículos: Se tienen en cuenta características técnicas como tipos de vehículos y su grado de uso de sistemas eléctricos y computarizados.
- Personas: Implica las preferencias y uso de modalidades de transporte.

Los servicios más representativos que ofrecen los sistemas inteligentes de transporte a los usuarios son la gestión en relación con el tráfico, información de desplazamiento, pago electrónico y manejo de emergencias. Un ejemplo de ello es la gestión de vehículos comerciales que ayuda a mejorar la eficiencia de las operaciones de la flota determinando su ubicación por medio de señales GPS (sistema de posicionamiento global) y un software de planeación de rutas que permite asignar al vehículo los recorridos a realizar, además los sistemas a bordo permiten monitorear el estado del vehículo y el suceso de eventos específicos (Sayeg, 2006). Los sistemas inteligentes de transporte hacen referencia a la implementación de tecnologías asociadas a las actividades propias del sector de distribución, como la localización, diseño de rutas, semaforización, creación de vehículos e infraestructura inteligentes, obteniendo beneficios en términos de seguridad, monitoreo, control del tráfico, prevención de accidentes, calidad y reducción de tiempo y costos (Revista Colombiana de Telecomunicaciones, 2010).

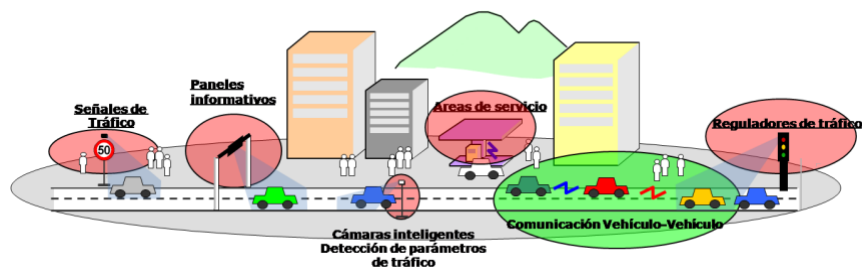


Ilustración 15. Entorno Urbano Inteligente

Fuente: Electrónica, Tratamiento Digital de la Señal y Comunicaciones (2013)

1.2.5. Logística de distribución

La logística de distribución también conocida como logística de salida, es la etapa de la cadena de suministro que se centra en gestionar las actividades relacionadas con la distribución de productos hacia los compradores, incluyendo almacenaje y entrega (ver ilustración 16). El término es utilizado en la producción y el comercio para describir la etapa de la cadena de abastecimiento, que se encarga de las actividades relacionadas con el movimiento de los productos terminados desde el final de la fabricación hasta el consumidor (Universidad Militar Nueva Granada, 2013). La logística de distribución se encarga de las relaciones comerciales entre proveedores y consumidores, es la responsable de la distribución física de la mercancía en los puntos de venta, garantizando que el producto se entregue en las cantidades establecidas, en el tiempo y lugar acordado, ofreciendo los términos de calidad y menor costo (Eslava, 2017).



Ilustración 16. Gestión de distribución de productos hasta su fase final que es el consumidor

Fuente: Universidad Militar Nueva Granada (2013)

1.3.Estado del arte

Con base en la revisión de literatura se han encontrado una serie de investigaciones que permiten tener un mayor discernimiento del tema a desarrollar que son los sistemas inteligentes de transporte, adicional se genera una tabla de revisión sistémica que permite visualizar de forma resumida el tema objeto de investigación (ver tabla 1).

Aplicaciones para sistemas inteligentes de transporte de carga

Las investigaciones realizadas en esta área proporcionan las bases para determinar las características potenciales de funcionalidad de los sistemas de transporte inteligentes cooperativos

que conforman una área de los SIT (sistemas inteligentes de transporte), la cual se enfoca en el intercambio de información entre el usuario, vehículo e infraestructura, permitiendo mejorar la red de transporte en cuestiones de movilidad y seguridad, la diferencia de un SIT y un C-ITS (sistemas inteligentes cooperativos) radica en la funcionalidad; los sistemas de transporte cooperativos permiten la interacción con los diferentes actores del sector del transporte, las partes interesadas son: usuarios, operadores, seguridad pública, proveedores de servicios de información, gerentes ambientales, fabricantes de vehículos, entidades gubernamentales, desarrolladores de aplicaciones para vehículos, proveedores de comunicaciones y fabricantes de dispositivos para vehículos. Los cinco puntos de caracterización para describir el sistema son: la empresa, funcionalidad, conectividad, comunicación e información, dentro de este modelo se identifican los sistemas cooperativos de alerta de riesgo coordinado en carretera, que analizan las ocurrencias de tránsito, midiendo el alcance y grado de influencia, tomando medidas de gestión de tránsito para los vehículos que se encuentran circulando por esta carretera, el sistema tiene la capacidad de determinar y clasificar el alcance del accidente en dos niveles: influencia fuerte y débil, con la información transmitida mediante los dispositivos a bordos es posible que los conductores tengan conocimiento del accidente y tomar rutas alternativas. (Sun; Li; Gao, 2016).

Los sistemas de monitoreo propuestos en esta investigación, buscan una solución para alcanzar una conducción segura mediante las redes vehiculares ad hoc (VANET) que han ganado gran protagonismo a causa del desarrollo exponencial de las aplicación de internet móvil e internet de las cosas (IoT), a pesar de los diferentes avances tecnológicos aún no se consigue la conducción totalmente autónoma, VANET propone un sistema de monitoreo del conductor FDMS (Reliability, Availability, Maintainability y Safety), basado en Fuzzy (lógica difusa), se comparan dos de estos sistemas: FDMS1, el cual detecta la temperatura ambiental del vehículo (VET), el nivel de ruido

(NL) y la frecuencia cardiaca y FDMS2, el cual considera la frecuencia respiratoria (RR), que permite identificar la conciencia situacional del conductor (DS) y posteriormente una caja inteligente informa al conductor de la situación y brinda asistencia, este sistema permitirán en un futuro tener una conducción más segura, cabe resaltar que existen otras variables que pueden afectar la seguridad como condiciones técnicas del vehículo, condiciones meteorológicas, calidad y tipo de carretera que serán consideradas en el desarrollo de este modelo. (Bylykbashi, Qafzezi, Ikeda, Matsuo, Barolli, 2020).

Con base en una revisión sistémica de algoritmos y aplicación de big data se caracterizaron las diferentes oportunidades que brinda esta herramienta en el sector transporte, el volumen y la disponibilidad de datos en el sistema de transporte inteligente dan como resultado la necesidad de enfoques basados en datos, por lo tanto, en el sector transporte se implementan algoritmos de big data, las aplicaciones más relevantes son: la planificación de rutas, reconocimiento de señales, la detección de objetos, la predicción del flujo de tráfico, la estimación de tiempos de viajes y seguridad del vehículo. En este contexto son implementados modelos computacionales, capaces de recolectar, procesar y analizar volúmenes de datos que no pudieron realizar bases de datos tradicionales, en las ciudades son instalados equipos de monitoreo como cámaras y sensores, en cuanto a las diferentes investigaciones realizadas se identifica el papel de esta herramienta en la configuración del sistema de transporte inteligente desde diferentes perspectivas que estudia el papel del big data en la configuración del sistema de transporte con un enfoque en la seguridad vial.

Se contextualizan las aplicaciones más relevantes de los algoritmos de Big Data en SIT (sistema inteligente de transporte) como la predicción, detección, seguridad, y optimización, además de tener la capacidad para predecir factores como la velocidad, el tiempo de viaje, flujo de tráfico, los

cuales son aspectos importantes en componentes como los sistemas avanzados de información al viajero (ATIS) o los sistemas avanzados de gestión del tráfico (ATMS). Desde la investigación realizada por Prigogine y Andrews en 1960, se han desarrollado diferentes estudios relacionados con la predicción del flujo de tráfico, Van Lint y Van Hinsbergen en el 2012, realizan la investigación de los modelos de predicción a corto plazo y tiempo de viaje. Zhu y Yang en 1998, incluyen un sistema de información para viajeros (ATIS) para pronosticar comportamientos del flujo del tráfico en china utilizando algoritmo de big data, antes del 2009 los estudios realizados consideraban que el trafico operaba en óptimas condiciones, pero Castro-Neto en el 2009 marco un punto de partida en los estudios de ITS incluyendo elementos de condiciones atípicas como condiciones climáticas, choques de vehículos, con la finalidad de aumentar la precisión del modelo de predicción. El reconocimiento y la detección son técnicas similares para identificar objetos, la diferencia radica en la ejecución, el reconocimiento de matrículas ayuda desde el control de tráfico hasta la identificación de vehículos robados, Zhan y Col en 2013, proponen el reconocimiento de matrículas (LPR) basada en múltiples filtros para la localización de placas, la precisión del sistema se probó implementando 800 imágenes captadas en diferentes escenas y condiciones, el margen de error fue de un 7% (Kaffash, Truong, Zhu, 2021).

La detección de señales de tráfico es un componente esencial en el desarrollo de SIT (sistema inteligente de transporte), el estudio realizado sobre detección de signos se puede clasificar en el umbral de color, detección de regiones y análisis de formas a través de una imagen a blanco y negro, la detección del comportamiento también es una de los competentes más importantes en el sector transporte ya que la conducta de conducción agresiva puede ocasionar accidentes graves y además aumentar la congestión del tráfico, también estudia el comportamiento de la dirección del vehículo para lo cual propone una solución de detección mediante un teléfono inteligente, analiza

patrones de cinco comportamientos (giro a la izquierda, giro a la derecha, carril derecho, carril izquierdo, y giro en U) con una precisión hasta del 90%. El desarrollo constante de los sistemas inteligentes de transporte da como resultado múltiples investigaciones que tienen como finalidad superar las actuales deficiencias en el sector transporte para explorar nuevas opciones en el área. (Kaffash, Truong, Zhu, 2021).

Sistemas inteligentes de transporte basado en la nube

Hoy en día la modernización ha permitido que los vehículos cuenten con equipamientos de sensores y dispositivos de comunicación como los dispositivos móviles, dispositivos GPS (sistema de posicionamiento global) y computadoras integradas. El IoT (internet de las cosas) brinda una oportunidad más para abordar problemas crecientes en la movilidad como el tráfico, congestión y seguridad vehicular, en los últimos años se han estudiado diferentes modelos donde se implementa la computación en la nube, un ejemplo de ello es el *ITS-cloud* (computación en la nube), el cual fue diseñado para mejorar la comunicación entre vehículos y seguridad vial, por otra parte, IoT ha recibido bastante atención en cuanto a las ventajas que puede aportar en el área de transporte.

En la propuesta de la plataforma en la nube se integrarán diversos dispositivos como: sensores, controladores, dispositivos GPS, teléfonos móviles y equipos alternativos de acceso a la red y uso de tecnología como sensores inalámbricos, red satelital, computación en la nube, internet de las cosas y middleware (software que proporciona servicios de aplicaciones). Es un diseño informático único para las nubes de información de transporte dentro del entorno del internet de las cosas, integrando los diversos dispositivos que conforman los vehículos y la infraestructura vial. (Ashokkumar, Sam, Arshadprabhu, Britto, 2015).

Los vehículos inteligentes se ha caracterizado como una forma de mejorar el tráfico, la seguridad y la comodidad de los usuarios, sin embargo, los vehículos continúan siendo considerados como usuarios pasivos de la red de tráfico, mientras que el tráfico en carreteras opera como un sistema dinámico de circuito abierto la mayor parte del tiempo, con la constante expansión de automóviles en circulación es necesario agregar capacidad adicional al sistema actual para que sea más eficiente con la implementación de tecnologías e inteligencia, los dispositivos de navegación y la comunicación entre vehículo e infraestructura permitirá a los centros de gestión del tráfico obtener información relevante como velocidad, ubicación, origen, destino y su estado en caso de que suceda algún incidente.

En el desarrollo del sistema integrado de carretera/vehículo, se incorpora el control de gestión de tráfico HTMC (The highway traffic management control), el cual recopila los datos en tiempo real, calcula el estado actual del tráfico y la demanda futura, distribución del límite de velocidad en los distintos tramos de la carretera, además genera enrutamiento de instrucciones para vehículos en circulación, las instrucciones son transmitidas mediante letreros o señales de mensaje variable, los datos del sensor serán recopilados continuamente, las tecnologías de vehículos y carreteras, están a disposición para cerrar el circuito entre tráfico vehicular e infraestructura, el intercambio de información entre vehículo y autopista, proporciona los datos relevantes para la gestión, un alto nivel de precisión de tráfico, identificación de incidentes que permitan la generación de comandos de control con mayor rapidez. (Ioannou, 2006).

El impacto de la tecnología de la información y las comunicaciones en el transporte de carga por carretera

Se busca potencializar las ventajas que proporcionan las TICs (tecnologías de la información y la comunicación) en el contexto de comercio, logística y gestión de flotas, en el campo del transporte los sistemas inteligentes más destacados son los sistemas de navegación para automóviles, sistema de comunicación e información del vehículo (VICS), que brinda a los conductores información sobre el tráfico. En cuanto a los vehículos comerciales hoy en día es fácil ubicar la posición de los vehículos y la mercancía mediante el GPS, adicional se han venido implementando las etiquetas electrónicas (RFID), sistemas de comunicación de corto alcance (DSRC) y el sistema ETC (Electronic Throttle Control) para el cobro de peajes en carreteras.

El crecimiento exponencial de la internet y los sistemas inteligentes de transporte trae efectos positivos para los sistemas logísticos, ya que la red aumenta las relaciones B2B (servicios de empresa a empresa) y B2C (servicio de empresa consumidor), lo cual genera un crecimiento en la demanda del transporte y los centros logísticos para que pueden acceder a información del tráfico por carretera, aumentando la precisión en la predicción de los tiempos de llegada de la mercancía y mejorar su capacidad de respuesta frente a los clientes, la recolección de los datos GPS permite el análisis y selección de rutas que conlleva una mayor optimización de los recorridos a realizar y el análisis de los tiempos de traslados de la mercancía. (YOSHIMOTO, NEMOTO, 2005).

Las empresas de automoción incluyen algunas soluciones que son consideradas como inteligentes algunas de ellas son OpelEye que reconoce las señales de tráfico, BMW tiene un sistema donde implementa una cámara de bandas infrarroja, por lo tanto, es posible identificar peatones o ciclista no iluminados y mostrar su forma en el tablero, sin embargo, la industria automotriz enfatiza por que el número de sistemas inteligentes implementados es muy reducido.

Dentro de los métodos de procesamiento inteligente para aumentar la seguridad se identificó el analizador de imagen frontal que brinda al conductor información relativa a los eventos en las carreteras como límites de velocidad y atascos, funciona en tiempo real y solo necesita una fuente de alimentación, es una solución autónoma sin conexión a ninguna base de datos u otro recurso remoto, es un sistema modular, los módulos se agrupan en bloques funcionales, se comunican entre sí utilizando algunos datos y parámetros específicos. ADC es el dispositivo que convierte la señal de una cámara en marcos digitales en un formato específico que refleja la imagen legible en la aplicación (Mazurkiewicz, 2017).

Otro de los métodos es el monitor de carretera, está configurado para dar seguimiento a la situación actual del tráfico, distribuciones de los tramos de carretera en temporadas específicas para identificar la movilidad presentada, brindar a los conductores la información del viaje, como estimaciones de tiempo, se basa en el reconocimiento de matrículas, los datos se envían al servidor central utilizando GPRS (Servicio general de paquetes vía radio) basado en GSM (Sistema global para las comunicaciones móviles) o conexión de datos WiMax, el conductor es informado acerca de cada tipo de eventos por una voz o como un mensaje de imagen. (Mazurkiewicz, 2017).

Tabla 1. Revisión sistémica de literatura

Título	Año	Tema general	Tipo	Autores
Intelligent transport systems in multimodal logistics: A case of role and contribution through wireless vehicular	2012	Comunicaciones inalámbricas para vehículos y comunicación dedicadas a corto alcance (DSRC)	Revista	Adrian E. Coronado Mondragon, Chandra S. Lalwani, Etienne S. Coronado Mondragon, Christian E.

networks in a sea port location				Coronado	Mondragon, Kulwant S. Pawar
Application of Image Processing in Intelligent Transport Systems	2012	Procesamiento de imágenes digitales en el análisis de situación de tráfico	Revista	E. Bubeníková, Muzikářová, J. Halgaš	L.
Cloud based Intelligent Transport System Architecture and Application Research of Cooperative Intelligent Transport Systems	2015	Computación en la nube/ Internet de las cosas	Revista	K. Ashokkumar, Baron Sam, R. Arshadprabhu, Britto	
Architecture and Application Research of Cooperative Intelligent Transport Systems	2016	Sistemas de transporte inteligentes cooperativos (C-ITS)	Revista	Ling Sun, Yameng Li, Jian Gao	
Intelligent Processing Methods Usage for Transport Systems Safety Improvement	2017	Métodos de procesamiento inteligente en vehículos	Revista	Jacek Mazurkiewicz	
The benefits of accessing transport data to support intelligent mobility	2019	Movilidad inteligentes y plataformas de datos	Revista	Khalid Nur, Tim Gammons	
Depp Neural Network Method of recognizing the critical situations for transport systems by video images	2019	Red neuronal y fotogramas de video	Revista	F.F. Pashchenko, O.S. Amosov, S.G. Amosova, Y.S. Ivanov, S.V. Zhiganov	
Exploring the use of advanced traffic information system to	2019	Servicio automático de información de terminal (ATIS)	Revista	Williams Ackaah	

manage traffic congestion in developing countries					
Fuzzy-based Monitoring (FDMS): Implementation of two intelligent FDMSs and a testbed for safe driving un VANETs	Driver System	2020	Sistema de monitoreo (FDMS) inteligente basado en Fuzzy: FDMS1 y FDMS2	Revista	Kevin Bylykbashi, Ermioni Qafzezi, Makoto Ikeda, Keita Matsuo, Leonard Barolli
Comparation intelligent transportation systems based on biocybernetic vehicle control systems	of	2020	Red VANET, basado en sistemas biocibernéticos de control de vehículos	Revista	Irina Lieberman, Pavel Klachek, Sergei Korjagin
Vehicle communication network in intelligent transportation system based in internet of thing		2020	Red de comunicación del vehículo en el sistema de transporte inteligente basado en internet de las cosas	Revista	Hong Zhang, Xinxin Lu,
Intelligent decision support system for transportation emergency response		2020	Sistema inteligente basado en el conocimiento experto y el análisis de datos de múltiples precedentes	Revista	Alexander Matveev, Alexander Maximov, Ekaterina Bogdanova
Intelligent driver assistance systems as factor of transportation safety assurance		2020	Se proponen medidas específicas para reducir la accidentalidad	Revista	Irina Popova, Igor Danilov, Elena Abdulina
Sustainable transit vehicle tracking service, using intelligent		2020	Tecnología de comunicación inalámbrica recomendada	Revista	Ricardo Salazar-Cabrera, Álvaro Pachón de la Cruz, Juan Manuel Madrid Molina

transportation system services and emerging communication technologies: a review		(largo alcance, LoRa, uso de inteligencia artificial (IA))		
Big Data Algorithms and applications in Intelligent transportation system: A review and bibliometric analysis	2021	Algoritmos de big data	Revista	Sepideh Kaffash, An Truong Nguyen, Joe Zhu

Fuente: Elaboración propia a partir de búsquedas en bases de datos de la universidad

1.4.Marco espacial

Colombia limita al oeste con el océano pacífico, al noroeste con Panamá, al sur con Perú y Ecuador, posee una población total de 51.050.000 habitantes y una superficie de 1.141.748 km², es considerada la cuarta economía de América Latina y la 39^a a escala mundial, resaltando que su producto interno bruto (PIB) a octubre de 2020 representó 264.933 USD según estimaciones realizadas por el Fondo Monetario Internacional (Oficina de Información Diplomática, 2021). Según el informe de logística en Bogotá- Región, se enfatiza en el desempeño logístico donde es posible identificar factores como la carga movilizada, flujo medio de vehículos de carga y el flujo medio por corredor.

Con base en la información del indicador de carga movilizada por empresa en el sector de Bogotá, es posible identificar un incremento en la cantidad de viajes movilizados por empresa del 2008 al 2015 (ver ilustración 17), este factor de crecimiento se debe al aumento de establecimientos comerciales de menor tamaño en los últimos años, generando de esta forma un mayor movimiento de carga de menor capacidad y con más frecuencia. La participación de los establecimientos de comercio representa un crecimiento del 40% al año 2015, con una participación de la industria del 13% y una cuota del transporte del 1,6%. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016).

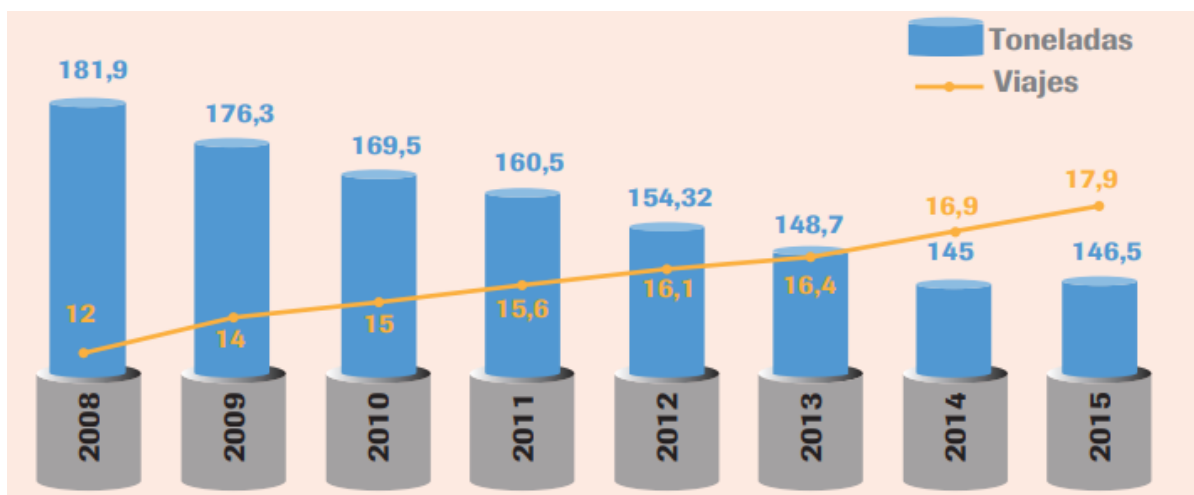


Ilustración 17. Carga movilizada por empresa

Fuente: Informe del desempeño logístico (2016)

Con relación al flujo medio de vehículos de carga, el indicador refleja el promedio de número de viajes de vehículos de carga que ingresan y salen de la ciudad de Bogotá y el departamento de Cundinamarca, para el año 2015 se generó un movimiento de carga de aproximadamente 49.800 viajes diarios (ver ilustración 18). El 65% generado por Bogotá para entrada y salida de vehículos y Cundinamarca un 35%, estas variables son determinadas por la concentración de la población de la ciudad que demanda un mayor porcentaje de servicios, bienes y productos (ver ilustración 19).

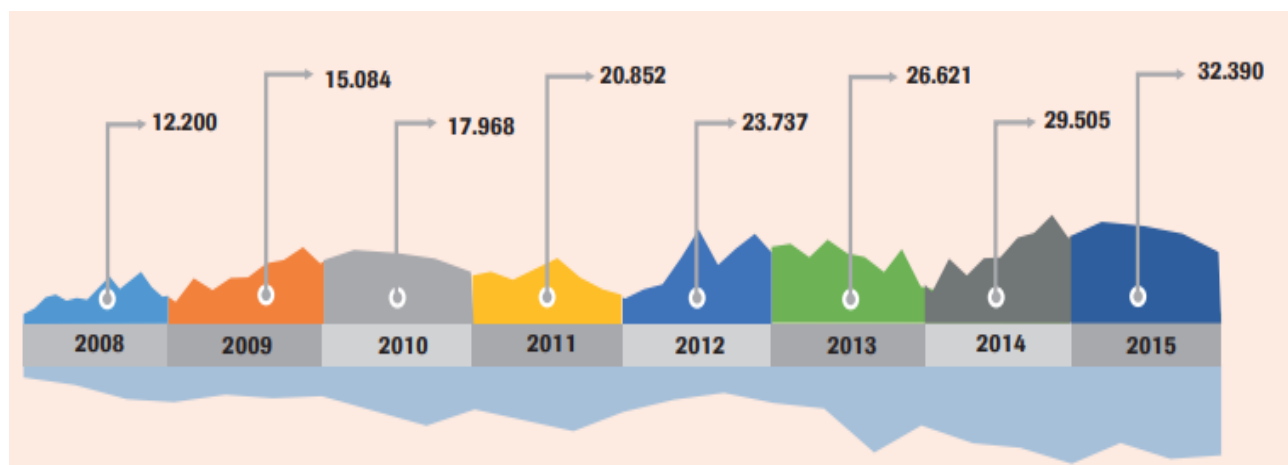


Ilustración 18. Viajes en vehículos de carga en Bogotá al día

Fuente: Informe del desempeño logístico (2016)

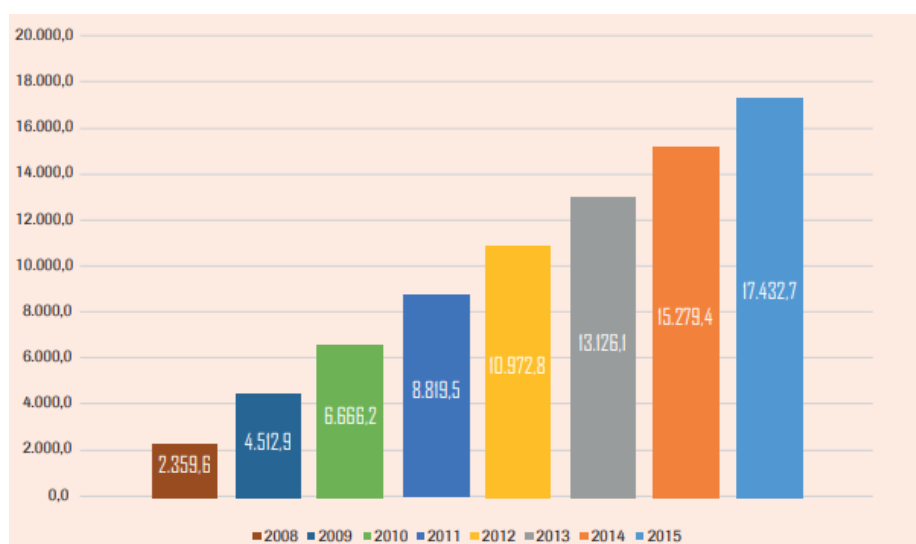


Ilustración 19. Viajes en vehículos de carga en Cundinamarca al día

Fuente: Informe del desempeño logístico (2016)

Por último, se identifica el flujo promedio diario de vehículos por los principales corredores viales de Bogotá y salida a municipios aledaños, donde se enfatiza en la Autopista Norte, la calle 80, la calle 13, la Autopista sur, la carrera 7ª, las vías Suba-Cota, La calera, Choachi y la vía a Villavicencio (ver ilustración 20). Al año 2015 las principales vías de transito de carga

representada por un 82% del flujo movilizado son: la Calle 13, la Calle 80, la Autopista Norte, por otro lado, los corredores de la carrera 7ª, vía Choachi y vía a la calera representan un mejor flujo vehicular representado por el 1% del volumen movilizado. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016).

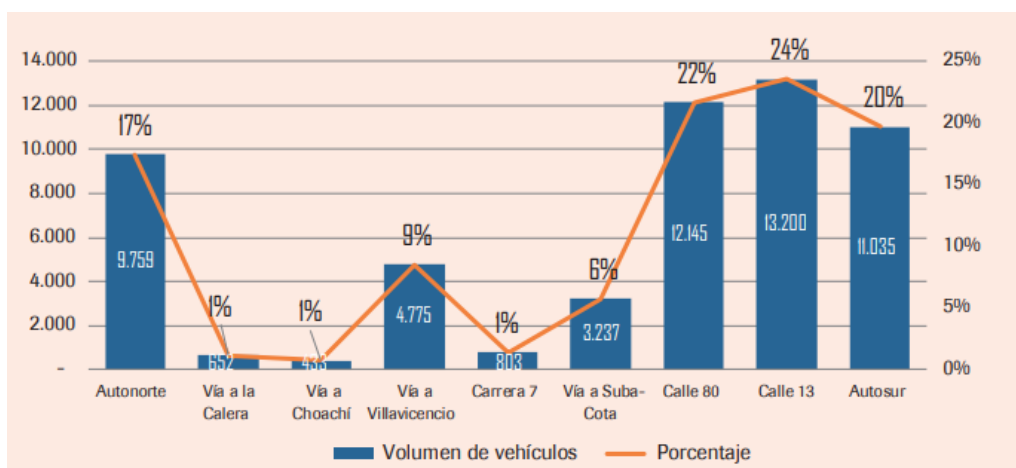


Ilustración 20. Volumen vehicular diario por corredor en Bogotá

Fuente: Informe del desempeño logístico (2016)

1.5.Marco temporal

Para la realización del presente trabajo de investigación se dio inicio en el segundo semestre del año 2020, con el acompañamiento del docente que lideraba la materia de Alternativa de Grado I, obteniendo como resultado la presentación del anteproyecto, posteriormente con las bases desarrolladas, se finalizó el trabajo de investigación en el primer semestre del año 2021, en el cual se cursó Alternativa de Grado II y como resultado de la investigación se obtuvo la monografía de compilación como trabajo de grado para obtener el título como profesional el administración logística. (Ver ilustración 21).

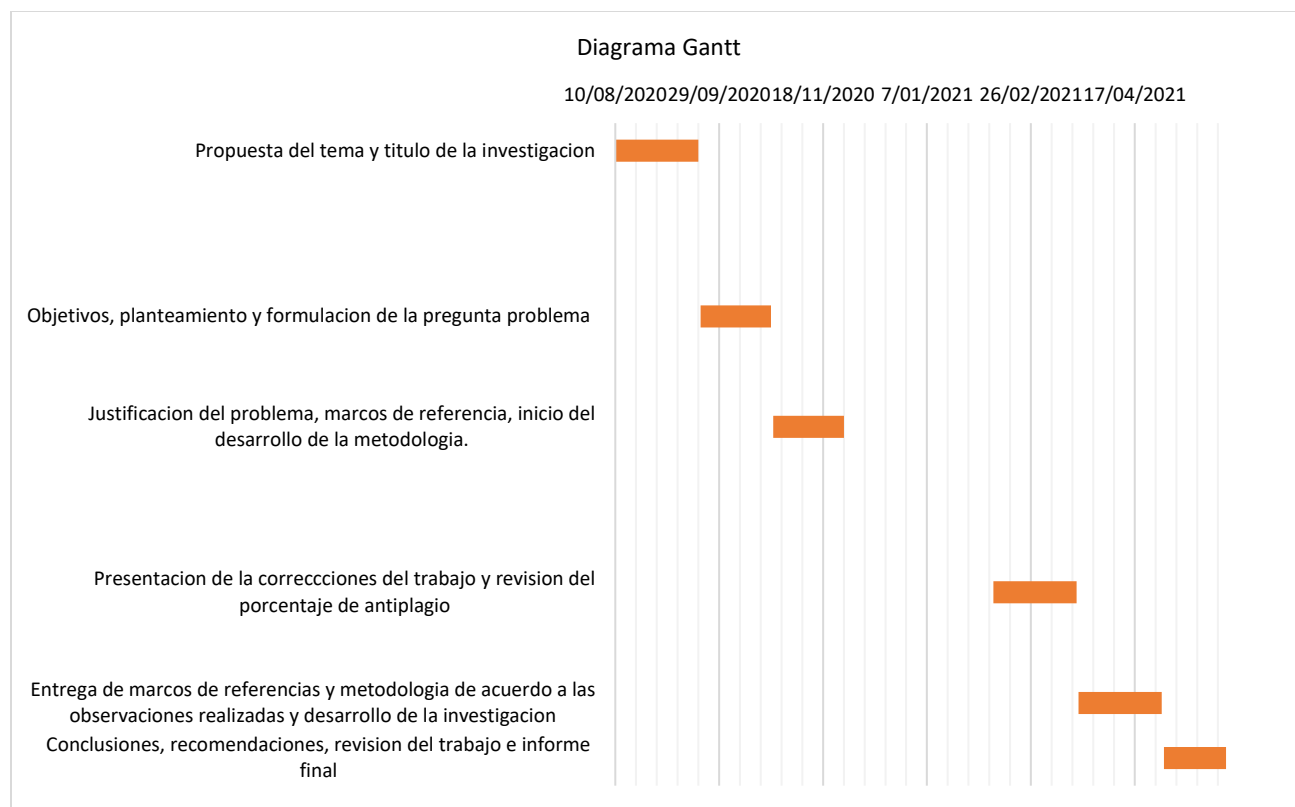


Ilustración 21. Cronograma de actividades

Fuente: Elaboración propia

1.6.Marco legal

1.6.1. Decreto 2060 de 2015

El decreto 2060 de 2015 tiene como objeto reglamentar los Sistemas Inteligentes para la Infraestructura, el Tránsito y el Transporte (SIT), establecer los parámetros para expedir los reglamentos técnicos, estándares, protocolos y uso de la tecnología en los proyectos de SIT (sistema inteligente de transporte), cumpliendo con los principios rectores del transporte, tránsito e infraestructura, como el de la libre competencia y el de la iniciativa privada. Los actores estratégicos deberán cumplir con los principios consagrados en la Constitución Política y los que fueron establecidos en el presente decreto, los cuales hacen referencia a la continuidad del servicio, calidad en la atención al usuario, tecnología avanzada y actualizada, cobertura de los sistemas, regularidad del servicio, calidad del servicio técnico, seguridad física del sistema, seguridad de la información, disponibilidad del sistema, sostenibilidad, responsabilidad social e información disponible del sistema (Ministerio de transporte, 2015).

1.6.2. Resolución 546 de 2018

Tiene como objetivo adecuar la reglamentación del sistema para la interoperabilidad de peajes con recaudo electrónico vehicular (IP/REV), establecer los lineamientos para la protección de los usuarios del sistema, fijar los requisitos que deben cumplir los actores estratégicos para obtener y mantener la certificación para la prestación del servicio (Red Jurística, 2018).

1.6.3. CONPES 3982 de 2020

Promover el uso de tecnologías en procesos logísticos, actualizar los lineamientos del plan nacional de logística para enfocarlos en estrategias que promuevan la intermodalidad en el transporte, la facilitación de las operaciones de comercio exterior y en estrategias transversales asociadas al fortalecimiento institucional, acceso a la información y promoción de la tecnología (Consejo Nacional de Política Económica y social, 2020).

CAPITULO 2. ASPECTOS METODOLOGICOS

Para el desarrollo y recopilación de la información se implementó la investigación aplicada (ver ilustración 22), la cual se enfoca en la resolución de problemas con base en la búsqueda de utilización de conocimientos desde una o varias áreas especializadas con la finalidad de implementarlos de forma práctica para la propuesta de soluciones del área estudiada (Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, 2018), por lo tanto, el avance tecnológico desarrollado en los sistemas inteligentes de transporte permitió obtener un conocimiento global desde una mirada hacia la mejora de los procesos del transporte como la seguridad, eficiencia y movilidad.

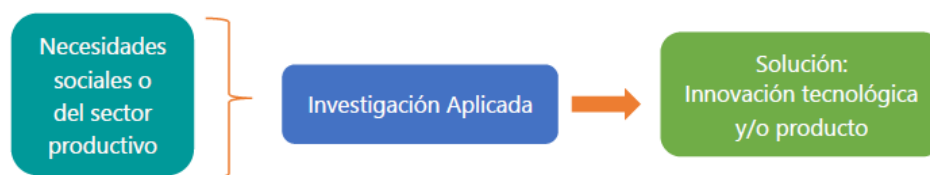


Ilustración 22. Investigación aplicada

Fuente: Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (2018)

El tipo de investigación que se llevó a cabo fue el documental, el cual consiste en un análisis de la información escrita referente a un tema determinado, con la finalidad de establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del tema objeto de estudio (Bernal, 2010). El acceso a la red, permitió la búsqueda y profundización del tema abordado; tales como informes, libros, base de datos, artículos de investigación, que proporcionaron las herramientas suficientes para lograr un discernimiento del avance que han presentado los sistemas inteligentes de transporte a lo largo de los años y su aplicación en la distribución terrestre de carga.

El enfoque de la investigación se orientó a un método mixto; se basa en la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos para lograr una profunda interpretación del tema investigado (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). Logrando un conocimiento de la realidad del transporte y la funcionalidad de los servicios en los corredores logísticos y vehículos implementando las tecnologías de la información y la comunicación, además que los datos estadísticos sirven como método para poder establecer un antes y después de la situación objeto de estudio.

Por último, la investigación documental se realizó con base en un diseño descriptivo el cual busca precisar las características de procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). Se utilizó a través de la cuantificación de los hechos observados para la identificación de diferentes parámetros necesarios y utilizados para el mejoramiento del transporte de carga en Colombia.

Teniendo en cuenta lo anterior, se planteó una estructura del proceso metodológico mediante la realización de tres fases (ver ilustración 23).

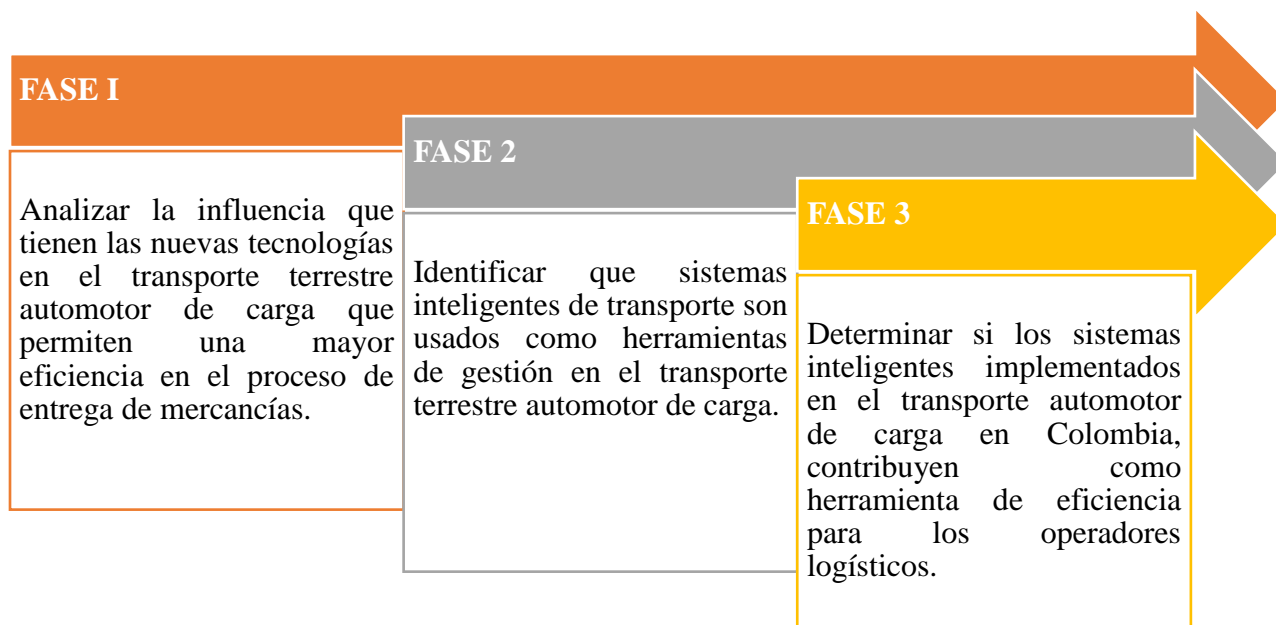


Ilustración 23. Estructura del proceso metodológico

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Colombia a pesar de presentar un progreso en los últimos años en materia económica, aún se encuentra débil en la implementación tecnológica en el sector transporte, se han realizado grandes esfuerzos para garantizar un tránsito exitoso hacia una economía que integre el comercio nacional e internacional de manera eficiente y productiva, es evidente el escaso avance en temas de infraestructura y desempeño logístico y el transporte presenta uno de los mayores retrasos del país. Es necesaria la adopción de plataformas tecnológicas con la finalidad de reducir tiempos y costos de desplazamiento, una herramienta indicada para que el tránsito sea más eficiente en los corredores viales del país y que contribuyen a la reducción del consumo de combustible y aumento de la velocidad promedio en los tramos con peaje, es el modelo de recaudo electrónico vehicular, planteado por el Ministerio de Transporte en el cual se evitara que cada concesionario u operador de peaje fomente su propia solución tecnológica segmentando el mercado y afectando al usuario, además se logrará consolidar la información de los viajes y vehículos que transitan por las carreteras del país.

La implementación de este modelo trae consigo un despliegue de beneficios económicos y sociales, dentro de los más relevantes es posible enfatizar en la reducción del uso de efectivo, ya que el dispositivo instalado en los vehículos tendrá la posibilidad de realizar otro tipo de transacciones, contribuyendo a una red de pagos electrónicos y a su vez ofreciendo al usuario instrumentos de pagos más eficientes y seguros. Los tiempos de duración de los viajes terrestres suelen presentar una tasa muy elevada por dos aspectos; el primero es el estado de las vías y el segundo es la estructura de los cobros de peajes, según lo establecido por la ANDI (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia), los tiempos muertos en el pago de peajes son

considerables dado al limitado número de cajas de cobro en las vías del país, en promedio por cada peaje un vehículo de carga pesada se demora 10 minutos, se estima que en rutas como Bogotá-Cartagena y Bogotá-Santa Marta la espera puede alcanzar hasta dos y tres horas, respectivamente.

A su vez, este tipo de tecnologías permiten generar procesos positivos que van en pro de la modernización del país mediante corredores viales más eficientes que traen mejoras significativas en la logística de las empresas, la tecnología implementada en este modelo trae la posibilidad de transformar el TAG (etiqueta) en un medio de pago por medio del cual se pueden realizar transacciones en parqueaderos, hoteles, restaurantes o estaciones de gasolina, acción que impulsará el uso de los medios de pago electrónicos en el país, aumentando la eficiencia de los mercados y reducción de los delitos asociados al uso del efectivo, como atracos, lavado de activos y fraude, entre otros. Con respecto a los operadores, la implementación de esta tecnología trae beneficios como disminución de costos, aumento de la seguridad y mejoras en los tiempos de atención al usuario (ASOBANCARIA, 2015).

En la actualidad Colombia cuenta con 141 peajes donde 40 de ellos son electrónicos, situados en 15 departamentos del país, distribuidos de la siguiente manera: Antioquia, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas Cauca, Córdoba, Cundinamarca, Meta, Nariño, Norte de Santander, Risaralda, Santander, Tolima, Valle del cauca (Ver ilustración). Según lo establecido por el Ministerio de Transporte, todas las empresas concesionarias de peajes en Colombia desde marzo de 2019 deben contar con un carril semiautomático por sentido, dentro del proceso de ejecución del sistema es posible relacionar tres partes involucradas (Ministerio de transporte , 2019).

- Operador: Es la empresa que tiene la concesión del peaje o el Invias (Instituto Nacional de vías)

- Intermediador: Es el encargado de la distribución del TAG (dispositivo electrónico para el cobro de peaje), además controla el cobro del valor del peaje.
- Usuario: Persona natural o jurídica que adquiere el servicio.

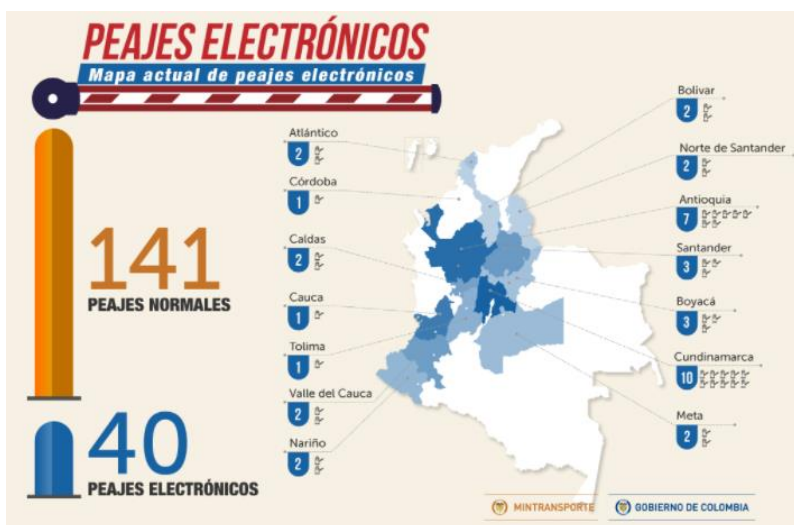


Ilustración 24. Departamentos con peajes electrónicos

Fuente: Ministerio de transporte (2017)

Las aplicaciones SIT (sistemas inteligentes de transporte) se pueden clasificar en ocho áreas de aplicación (ver tabla 2): gestión de operaciones, ayudas al conductor, sistemas de pago electrónico, información al viajero, gestión de tráfico, monitoreo y protección ambiental, seguridad pública y transporte por demanda (Consultores de transporte , 2018).

Tabla 2. Áreas de aplicación de los SIT

Área de aplicación	Tecnologías representativas
Gestión de operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Localización automática de vehículos • Sistemas de información geográfica (SIG) • Software de control de flota

Ayudas al conductor	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema global de navegación por satélite (GNSS) • Circuito cerrado de televisión (CCTV) • Sistema de información en vehículos
Sistemas de pago electrónico	<ul style="list-style-type: none"> • Lectores RFID (identificación por radio frecuencia) • Cámaras ANPR (Reconocimiento automático de matrículas) • Aplicaciones móviles
Información al viajero	<ul style="list-style-type: none"> • Paneles de información variable (PMV) • Internet • Sistemas de navegación
Gestión del tráfico	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas semafóricos • Radares de tráfico • Tarjetas inteligentes
Monitoreo y protección ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema global de navegación por satélite (GNSS) • Sensores • Sistema de información geográfica (GIS)
Seguridad pública	<ul style="list-style-type: none"> • Paneles de información variable (VMS) • Localización automática de vehículos • Circuito cerrado de televisión (CCTV)

Nota: Elaboración propia

Información tomada de: Consultores en transportes especializados (2018)

A continuación, se relacionan los principales proyectos SIT implementados en América Latina, las áreas de aplicación, enfoque, nombre y descripción de sus funcionalidades (ver tabla 3):

Tabla 3. SIT implementados en América Latina

País	Proyecto	Descripción	Enfoque	Áreas de aplicación
Argentina	Parking en la ciudad de Buenos Aires	Sistema de información para los conductores; constituido por cuatro paneles de información variable	Permite a los conductores saber cuántos estacionamientos libres hay en una intersección determinada	Información al viajero y gestión del tráfico
Brasil	Sistemas de peajes electrónicos “sem parar”	Sistema interoperable de cobro de peajes electrónicos a través de un único TAG (dispositivo electrónico transmisor/emisor de informaciones)	Cobro de peajes , los conductores también pueden pagar el estacionamiento en centros comerciales y aeropuertos	Sistemas de pago electrónico y gestión del tráfico
	Centro de Control Operacional-CCO- de Curitiba	Sistema integrado de movilidad, está compuesto por circuitos cerrados de televisión (CCTV), paneles de mensaje variable, red de fibra óptica y softwares	Integrar la gestión de tránsito y transporte	Gestión de operaciones, sistemas de pago electrónico, información al viajero, gestión del

		que permiten la gestión y control de flotas		tráfico, seguridad pública
Chile	Sistema de Telepeaje de las Autopistas Urbanas	Funciona bajo un esquema MLFF (Multi Lane Free Flow), un sistema central, equipos a bordo en vehículos e infraestructura, que permiten la lectura de TAGS y matriculas	Permite el control del flujo vehicular en las autopistas urbanas	Sistema de pago electrónico, gestión del tráfico
	Sistema de Gestión de tráfico	El sistema es conformado por semáforos, controladores semafóricos, cámaras de TV, mensajes variables y estaciones de conteo	Detección de incidentes y actualización de planes semafóricos de acuerdo a las necesidades de priorización	Información al viajero, gestión del trafico
México	Sistema de Telepeaje	Es un sistema interoperable, está constituido por TAGS a bordo de los vehículos y un sistema central encargado de la compensación financiera	Control del flujo vehicular	Sistemas de pago electrónico, gestión del trafico
	Sistema de Control de Tráfico de la Autopista	Está conformado por un subsistema de monitoreo en tiempo real de las condiciones de flujo, un	Información de las situaciones de los corredores en tiempo real	Gestión del tráfico, información al viajero

	Inteligente Arco Norte	subsistema de control de incidentes automatizado, medios de comunicación electrónica actualizables en tiempo real		
Perú	Centro de Control de Operaciones CCO de la Vía Parque Rimac de Lima	Supervisa 21 cámaras integradas (CCTV)	Identificación y atención oportuna de emergencias en la vía, además el monitoreo de ambulancias, grúas y mantenimiento de la vía	Gestión de operaciones

Nota: Elaboración propia

Información tomada de: Consultores en transportes especializados (2018)

De acuerdo a un informe realizado por la Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones (CCIT) y Fedesarrollo, se logran categorizar planes y políticas orientados a los sistemas inteligentes como: digitalización, conectividad, telecomunicaciones, telefonía móvil e infraestructura física, el mayor reto que enfrenta la ciudad es la congestión vehicular que contrae un efecto negativo para los ciudadanos y la productividad, según un estudio realizado por un Consultor externo del Departamento Nacional de Planeación (DNP), donde se expone que el tiempo de traslado de una persona de la casa al trabajo es un rango normal es de 30 minutos mientras que en Bogotá es alrededor de 67 minutos, por lo tanto se ha venido incorporando la tecnología en el sistema de transporte, un ejemplo de lo anterior es la creación del Centro de Gestión de Tráfico (CGT), el cual es una plataforma de monitoreo que integra datos obtenidos de

cámaras, semáforos y ciclo rutas, mediante un sistema de semaforización inteligente, además de comparendos electrónicos, el sistema está conformado por sensores de conteo de vehículos, circuito cerrado de televisión, clasificación por tamaño y verificación de velocidad (Instituto de Estudios Urbanos, IEU, 2017).

Adicional, la gobernación de Cundinamarca desarrollo un proyecto conocido con el nombre de “Carretera inteligente de Cundinamarca” ganador del premio índigo en octubre 27 de 2017, con la empresa SKG TECNOLOGIA, líder en Latinoamérica, especialista en el diseño, implementación y ejecución de soluciones tecnológicas inteligentes, para su implementación en el corredor vial Chía-Cota-Funza-Mosquera la cual es considerada como una de las vías más importantes a nivel departamental y nacional, conectado el país de norte a sur sin tener que circular por la ciudad de Bogotá, donde se movilizan grandes cantidades de transporte de carga nacional, intermunicipal y particular, presentando problemas como movilidad, accidentalidad, seguridad vial y contaminación ambiental. El alto flujo vehicular en esta zona, se encontraba centrado en los recursos ilimitados de comunicación en la vía, de información al usuario y de coordinación para dar respuesta eficiente a los incidentes, además, los extensos tiempos de desplazamiento afectaban la competitividad de la región, la gobernación con la finalidad de dar solución a los desafíos implementó la plataforma Smart Helios para llevar a cabo una operación centralizada, integrando sistemas tecnológicos como sensores para el monitoreo de tráfico, sistema de paneles de mensajería variable, estaciones de monitoreo ambiental, sistemas de georreferenciación de recursos, módulo de gestión de incidentes, sensores de medición de velocidad, gracias a la analítica avanzada de datos se ha logrado identificar los puntos críticos de intervención y la toma de decisiones oportunas.

Dentro de los resultados alcanzados con las nuevas tecnologías se establecieron nuevos mecanismos de comunicación con el ciudadano, gestión eficiente de la movilidad, mejora en los tiempos de recorrido y de atención de incidentes, mejora en los indicadores de seguridad vial, reduciendo la accidentalidad, en los tiempos de desplazamiento, se logró obtener una disminución en la duración de los recorridos de 75 minutos promedio a 60 minutos, mejora en la movilidad pasando de una velocidad promedio de 31 km por hora a 36 km por hora, disminución en los tiempos de atención a incidentes en vía con un promedio de respuesta de 15 minutos, disminución en accidentes con fallecido en un 60% entre enero y julio de 2017 frente al mismo periodo de tiempo en el 2016.

Desde Julio de 2015, la visión de tener un sistema de pesaje en movimiento para vehículos pesados es posible con AREC, en el sector II de la concesión ruta del sol estación Lizama y la Lizama 2, se instaló el primer sistema de pesaje dinámico a alta velocidad y el único certificado internacionalmente con la norma R142 de OIML (Organización Internacional de Metrología Legal), este sistema incluye basculas dinámicas que agilizan en un 85% el tránsito por el corredor vial, permitiendo que los camiones vacíos continúen con su trayecto sin la obligatoriedad del pesaje estático. El sistema es conocido con el nombre de TRAFICONTROL, el sistema almacena la información y es transmitida a través de una aplicación basada en web, además analiza y toma decisiones basadas en los requerimientos del cliente, la cual es presentada mediante los paneles de mensaje variable o sistemas de cable radiante en la vía, ofrece soluciones en temas puntuales como pesaje estático y dinámico (WIM), comportamiento del tránsito (gálibo), categorización de vehículos, individualización de los vehículos mediante el reconocimiento de placas (LPR), información al usuario mediante paneles de mensaje variable (PMV) (AREC, 2015).

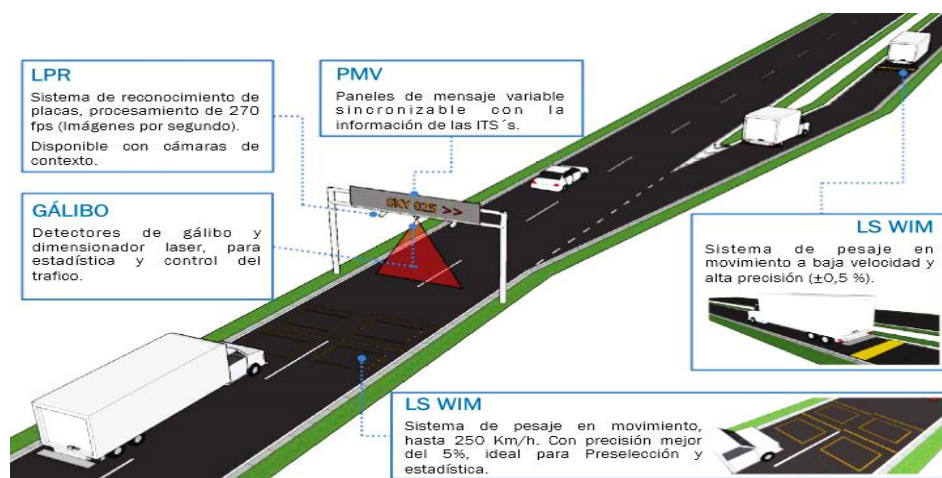


Ilustración 25. Sistemas de TRAFICONTROL

Fuente: AREC (2015)

A continuación, se relacionan los sistemas implementados y sus funcionalidades, los cuales están orientados a los concesionarios viales, agentes aduaneros, centros industriales y zona francas enfocados al transporte automotor de carga en Cundinamarca:

Tabla 4. Sistemas ITS implementados y sus funcionalidades

Sistemas	Funcionalidades
HS WIM (High Speed Weigh-In Motion/Sistema de pesaje dinámico)	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud del vehículo • Peso bruto del vehículo • Velocidad
ETD/Estaciones de Toma de Datos	<ul style="list-style-type: none"> • Sentido de circulación • Velocidad • Distancia entre vehículos • Intensidad del tránsito

	<ul style="list-style-type: none"> • Detección y alarma de congestión • Clasificación de vehículos por longitud y velocidad
LPR (License Plate Recognition)/Reconocimiento de placas	Procesamiento paralelo de datos, que permite analizar hasta 270 imágenes de 2048 x 1024 píxeles, en 1 segundo, lo que asegura una mayor confiabilidad en los resultados
Detector de gálibo	Es un sistema que detecta el sobredimensionamiento en altura de los vehículos que transitan por la vía, para alertar al conductor mediante alarma sonora o luminosa, evitando de esta manera accidentes y daños en la infraestructura vial (peajes, puentes, pasos a desnivel, túneles y señalización vertical)
Panel de mensajería variable (PMV)	Control de tráfico, permite modificar los mensajes para adaptarse a las condiciones cambiantes del tráfico, combina texto y zonas gráficas, con óptimas condiciones de visualización, cumpliendo los estándares europeos (CE)
Postes telefónicos de emergencia	Sistema que permite comunicaciones de voz entre los postes situados en el corredor vial donde se reciben las llamadas y se gestionan las ayudas necesarias para socorrer a los usuarios
Software de gestión	Gestión de la red de llamadas de emergencia, funciona con la mayoría de los navegadores web. Permite gestionar de manera simple tanto las llamadas de los postes SOS, como las llamadas emitidas desde celulares por los usuarios de la vía.

Nota: Elaboración propia

Información tomada de: AREC (2015)

CONCLUSIONES

Los desarrollos tecnológicos en el área del transporte inteligente y soluciones de transporte dependen de diferentes factores como el económico, social y ecológico, en Colombia se han desarrollado diferentes planes y proyectos con la finalidad de combatir problemas frecuentes como la accidentalidad, la congestión y problemas ambientales, en este sentido es indispensable el aprovechamiento de las nuevas tecnologías para la modernización de los procesos e infraestructura, los sistemas inteligentes de transporte, deben ser vistos como una inversión y no como un gasto teniendo en cuenta que su implementación aumenta la productividad de cada uno de los participantes de la cadena de suministro.

En el transporte de carga es preciso reducir costos logísticos por lo tanto es necesario ejecutar procesos más puntuales y eficientes con la finalidad de reducir los tiempos de traslado, todo esto es posible con la implementación de sistemas inteligentes de transporte (SIT), de tal forma que se cuente con información centralizada, actualizada y compartida en tiempo real logrando mejoras competitivas a nivel nacional y además estar alertas a nuevas problemáticas o situaciones en los corredores viales, mejoras en la planificación de rutas, reducción de los tiempos de espera en las carreteras, basándonos en el alto nivel de versatilidad que poseen y su amplia cobertura.

La optimización del tránsito y transporte está ligado con los sistemas tecnológicos, la implementación de servicios, aplicaciones y dispositivos, ubicados en las carreteras, estaciones de control y vehículos aportan a una movilidad eficiente, integrando sistemas de posicionamiento global (GPS), sistemas de información geográfica (SIG), caracterizados por ser un conjunto de herramientas de información a viajeros, administración del transporte, integración vehículo a vehículo y vehículo a infraestructura.

Con la implementación de un número mayor de esquemas de sistemas inteligentes de transporte, Colombia podría verse beneficiada en un porcentaje muy alto en aspectos relevantes como la reducción en el consumo de combustible, tiempos de viaje, emisiones vehiculares además de mejorar el flujo vehicular. A nivel nacional se han desarrollado proyectos 4G, semaforización inteligente, peajes y comparendos electrónicos, donde se ve reflejada la introducción de innovaciones tecnológicas en los vehículos, infraestructura y en todo el proceso, teniendo como resultado un mayor control y seguimiento del transporte.

Los sistemas inteligentes de transporte aportan información relevante que disminuye el grado de incertidumbre, teniendo en cuenta que proporcionan datos como el estado de las rutas, incidentes ocurridos, condiciones de tráfico en tiempo real, de esta forma las empresas y viajeros pueden tomar decisiones frente a la asignación de rutas y planificación de tiempo, disminuyendo costos de operación y una mayor productividad.

Los sistemas de gestión de incidentes son un factor clave en el incremento de la seguridad, ya que monitorean el comportamiento en las vías y de esta forma brindan asistencia oportuna a los usuarios, con base en los datos recolectados también generan soluciones para descongestionar las vías, la seguridad en el tráfico es uno de los aspectos más importantes para evitar accidentes de tránsito garantizando el buen funcionamiento de la circulación de los vehículos, ayudando a la mejoras en los tiempo de viaje y la calidad del servicio.

Adicionalmente, los sistemas inteligentes de transporte (SIT) aportan a la optimización de la infraestructura existente, un ejemplo de ello es el recaudo de peaje electrónico el cual disminuye la congestión y los tiempos de recorrido en la vía, teniendo en cuenta que el proceso se realiza de manera electrónica y no manual, ya que el sistema convencional de recaudo genera discontinuidad

en el flujo de automotores, derivando tiempos adicionales lo cual tare consigo un aumento en los costos de distribución.

En una economía cambiante es necesario que los operadores logísticos, brinden fiabilidad en sus procesos, ofreciendo servicios que se adapten a las necesidades de los clientes con soluciones innovadoras, que permitan aumentar la eficiencia de las operaciones logísticas en cuanto a la reducción en los tiempos de entrega, gestión y seguimiento de las flotas de carga, además el transporte inteligente influye en la reducción de problemas frecuentes que afectan el tráfico como lo es la congestión, la contaminación y accidentes.

En lo concerniente a los vehículos utilizados para el transporte de mercancías se han desarrollo diferentes aplicaciones, dispositivos y sensores que permiten el monitoreo de rutas, seguimiento del vehículo y las mercancías transportadas, administración de flotas, generación de información y alertas, que aportan inteligencia a los procesos y disponibilidad de la información en el momento requerido para las partes interesadas.

RECOMENDACIONES

La investigación desarrollada fue estrictamente documental, buscando la caracterización de las funcionalidades y beneficios de los sistemas inteligentes de transporte, de acuerdo con la información recopilada se evidencia el notorio incremento que ha presentado el parque automotor en los últimos años, por lo tanto, este estudio puede ser utilizado como base para el desarrollo de nuevas investigaciones orientadas a las empresas de transporte, también, es posible plantear un análisis para determinar la ampliación del campo de acción de los SIT (sistema inteligente de transporte) para aumentar su participación y desempeño en el sector transporte en la gestión de tráfico y movilidad, además para investigaciones futuras se recomienda la realización de un análisis cuantitativo, centrar la investigación en la valorización económica de implementar las tecnologías de la información y la comunicación en el sector transporte para determinar el impacto que tendría en términos monetarios además que permita conocer el grado de implementación de los sistemas inteligentes de transporte en un nivel más alto en Colombia.

Adicional es posible generar una comparación con las tecnologías actualmente implementadas y las tecnologías disponibles para su uso que permitan aumentar la eficiencia de los procesos en los corredores viales y a nivel interno de las organizaciones, otro aspecto relevante sería realizar un seguimiento de los avances en otros países sobre el desarrollo de sus arquitecturas para su posible implementación y viabilidad en Colombia, identificar y revisar a profundidad las herramientas tecnológicas para el desarrollo de arquitectura SIT, analizando sus ventajas y posibles limitaciones a nivel nacional, por otro lado se deben considerar las capacitaciones sobre sistemas inteligentes de transporte que aporte a la profundización en el conocimiento de estas herramientas a nivel empresarial enfocado a las empresas de transporte, otra línea futura de estudio puede estar

orientada a un análisis de los sistemas inteligentes de transporte en otros modos de transporte que están vinculados con la logística como es aéreo, férreo y marítimo y por ultimo otra área a estudiar serían las ciudades inteligentes.

BIBLIOGRAFIA

Anaya Tejero , J. (2009). *Transporte de mercancías enfoque logístico de la distribución*. España: ESIC.

Arango Serna , M. D., Gómez Marín, C. G., & Serna Urán, C. A. (2017). MODELOS LOGISTICOS APLICADOS EN LA DISTRIBUCION URBANA DE MERCANCIAS. *EIA*, 57-76.

AREC. (2015). *TRAFICONTROL* . AREC.

Ashokkumar, Sam, Arshadprabhu, Britto, K. (06 de 04 de 2015). Cloud Based Intelligent Transport System. *Procedia Computer Science*, págs. 58-63.

ASOBANCARIA. (2015). *Peajes electrónicos: un hito en materia de innovación e impulso a la competitividad en Colombia*. Colombia: ASOBANCARIA.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2021). *Logística Urbana: Los Desafíos de la distribución Urbana de Mercancías* . Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Log%C3%ADstica-urbana-Los-desaf%C3%ADos-de-la-Distribuci%C3%B3n-Urbana-de-Mercanc%C3%ADas.pdf>

Barbero, J., Fiadone, R., & Milán Placci, M. F. (2020). *El transporte automotor de cargas en America Latina*.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson Educación .

Bylykbashi, Qafzezi, Ikeda, Matsuo, Barolli, K. (2020). Fuzzy-based Driver Monitoring System (FDMS): Implementation of two intelligent FDMSs and a testbed for safe driving in VANETs. *Future Generation Computer Systems*, págs. 665-674.

Calatayud, A., & Katz, R. (Octubre de 2019). *Cadena de Suministro 4.0, mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Cadena_de_suministro_4.0_Mejores_pr%C3%A1cticas_internacionales_y_hoja_de_ruta_para_Am%C3%A9rica_Latina_es.pdf

Cámara de Comercio de Bogotá. (2016). *Logística en Bogotá-Región*. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá.

Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2012). *Modelos de línea de espera*.

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación. (2018). *CRAI*. Obtenido de Investigación aplicada: <http://www.duoc.cl/biblioteca/crai/definicion-y-proposito-de-la-investigacion-aplicada#:~:text=La%20Investigaci%C3%B3n%20Aplicada%20tiene%20por,del%20desarrollo%20cultural%20y%20cient%3ADfico>.

Consejo Nacional de Política Económica y social. (2020). *CONPES 3982*. Bogotá: Consejo Nacional de Política Económica y social.

Consultores de transporte . (2018). *Esquemas de implementación de tecnologías inteligentes de transporte en América Latina: Estudios de casos y recomendaciones*. Buenos Aires: CAF.

Eslava, A. S. (2017). *Canales de distribución logístico-comerciales*. Bogotá: Ediciones de la U.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: MCGRAW-HILL.

Institut, C. (2010). *Ciudad y mercancías. Logística urbana*. España: Alfaomega Colombiana.

Instituto de Estudios Urbanos, IEU. (2017). *Debates Gobierno Urbano*. Bogotá: Instituto de Estudios Urbanos, IEU.

Ioannou, P. (29 de 08 de 2006). INTELLIGENT VEHICLES: CLOSING THE LOOP WITH THE HIGHWAY. *IFAC Proceedings Volumes*, pág. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667015335874>.

Kaffash, Truong, Zhu, S. N. (2021). Big data algorithms and applications in intelligent transportation system: A review and bibliometric analysis. *International Journal of Production Economics*, págs. 1-15.

Llanos, L. F. (2014). *Atiéndame por favor*. México: Contact forum.

Mazurkiewicz, J. (08 de 01 de 2017). Intelligent Processing Methods Usage for Transport Systems Safety Improvement. *Procedia Engineering*, págs. 162-171.

Ministerio de transporte . (2019). *Ministerio de transporte* . Obtenido de Peajes electrónicos : https://mintransporte.gov.co/micrositios/peajes_electronicos/

Ministerio de transporte. (2015). *Ministerio de transporte* . Obtenido de DECRETO 2060 DE 2015: <https://web.mintransporte.gov.co/jspui/handle/001/346>

Ministerio de transporte. (13 de Julio de 2018). Obtenido de ¿Qué es ITS?: <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/5757/que-es-its/>

Ministerio de transporte. (2018 de 07 de 2018). *Proyectos ITS*. Obtenido de Ministerio de transporte: <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/5761/proyectos-its/>

Ministerio de transporte. (16 de 02 de 2019). *Transporte en cifras*. Obtenido de Ministerio de transporte: <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/9443/transporte-en-cifras/>

Oficina de Informacion Diplomatica. (2021). *Ficha País Colombia*. España: Ministerio de Asuntos Exteriores.

Pau i cos, J., Yubero Esteban , M., & De navascués y Gasca, R. (1998). *Manual de logística integral*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.

Red Juristica. (9 de Marzo de 2018). *Red Juristica*. Obtenido de Resolución 546 de 2018 : https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_546_de_2018_ministerio_de_transporte.aspx#/

Revista Colombiana de Telecomunicaciones. (2010). Movilizando el transporte con tecnología . *Revista Colombiana de Telecomunicaciones* , 1-68.

Robbins; Decenzo, D. P. (2002). *Fundamentos de administración*. México: Marisa de Anta.

Romero, J. A. (2013). *Tráfico y transporte* . Mexico: Elm Street.

Sayeg, P. (2006). *Sistemas de transporte inteligentes* . Eschborn: Deutsche Gesellschaft fur.

Sun; Li; Gao, L. (31 de 01 de 2016). Architecture and Application Research of Cooperative Intelligent Transport Systems. *Procedia Engineering*, págs. 747-753.

Universidad Militar Nueva Granada. (2013). *Logística de distribución*. Obtenido de
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA:

http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin_desktop.php?path=Li4vb3Zhcy9hZG1pbmlzdHJhY2lvb19lbXBvZXNhcy9sb2dpc3RpY2EvdW5pZGFkXzUv#slide_1

Valles Romero, J. A. (2013). *Tráfico y transporte*. México.

YOSHIMOTO, NEMOTO, R. (29 de 08 de 2005). THE IMPACT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY ON ROAD FREIGHT TRANSPORTATION. *IATSS Research*, págs. 16-21.