

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS	CÓDIGO	FO-GS-15
		VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	FECHA	03/04/2017
		PÁGINA	1 de 243
ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

RESUMEN DEL TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): JOHN ALEXANDER APELLIDOS: BASTO VILLAMIZAR

NOMBRE(S): YUZAIRA CECILIA APELLIDOS: CABALLERO RINCÓN

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA INDUSTRIAL

DIRECTOR: NOMBRE(S): ÓSCAR APELLIDOS: MAYORGA TORRES

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): Propuesta de mejoramiento de accidentalidad vial de motocicletas en la ciudad de san José de Cúcuta empleando un modelo de dinámica de sistemas

RESUMEN

Se realizó una caracterización de situación actual de la ciudad de San José de Cúcuta, en temas pertinentes a movilidad y accidentalidad vial, donde se determinaron variables, recursos y medios que inciden en la accidentalidad en motocicletas. Seguidamente se realizó un diagnóstico de la accidentalidad de motocicletas de la ciudad, infraestructura vial, causas, clasificación y regulación de siniestros viales de los años 2018 y 2019; lo cual permitió establecer una base de información para el desarrollo de un modelo del sistema de accidentalidad bajo los parámetros de dinámica de sistemas para su simulación en el software Vensim® PLE, este se desarrolló en tres (3) etapas: diseño, elaboración y validación; el cual se compone de 91 variables en sus diferentes tipos de nivel, flujo, auxiliares y constantes. A continuación de lo anterior se generaron de escenarios de mejoras a partir de los tres diagramas causales seleccionados para su análisis y por último la generación de políticas de mejora en cultura vial, movilidad urbana e infraestructura vial, con base a los resultados se los escenarios concebidos.

PALABRAS CLAVE: Accidentalidad vial, Accidentalidad de motocicletas, Diagnostico de accidentalidad vial, Logística de accidentalidad vial, Dinámica de sistemas, Modelo Vensim, Diagrama Forrester, Políticas de movilidad vial.

CARACTERÍSTICAS: PÁGINAS: 185 PLANOS: 0 ILUSTRACIONES: 5 CD ROOM: 0

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE ACCIDENTALIDAD VIAL DE MOTOCICLETAS
EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA EMPLEANDO UN MODELO DE DINÁMICA
DE SISTEMAS

JOHN ALEXANDER BASTO VILLAMIZAR
YUZAIRA CECILIA CABALLERO RINCÓN

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2020

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE ACCIDENTALIDAD VIAL DE MOTOCICLETAS
EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA EMPLEANDO UN MODELO DE DINÁMICA
DE SISTEMAS

JOHN ALEXANDER BASTO VILLAMIZAR
YUZAIRA CECILIA CABALLERO RINCÓN

Director

ÓSCAR MAYORGA TORRES

Ingeniero Industrial

Magister en Ingeniería Industrial

Anteproyecto de Grado como Prerrequisito para optar al Título de Ingeniera Industrial de la
Universidad Francisco de Paula Santander

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 16 de Diciembre, 2020

HORA: 08:00 a.m.

LUGAR: GOOGLE MEET – CORREO INSTITUCIONAL UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA INDUSTRIAL

TÍTULO DE LA TESIS: “PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE ACCIDENTALIDAD VIAL DE MOTOCICLETAS EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA EMPLEANDO UN MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS”

JURADOS: ALVARO JUNIOR CAICEDO
REBECA CASTELLANOS

DIRECTOR: OSCAR MAYORGA TORRES

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CÓDIGO LETRA	CALIFICACIÓN	NÚMERO
JOHN ALEXANDER BASTO VILLAMIZAR	1191703	cuatro, siete	4,7
YUZAIRA CECILIA CABALLERO RINCÓN	1191789	cuatro, siete	4,7

MERITORIA



ALVARO JUNIOR CAICEDO



REBECA CASTELLANOS



Vo.Bo GAUDY CAROLINA PRADA BOTÍA
Director Plan de Estudios
Ingeniería Industrial
Magda M.



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS
Ciudad

Cordial saludo:

John Alexander Basto Villamizar, identificado con la C.C. N° 1.096.957.071 y Yuzaira Cecilia Caballero Rincón identificado con la C.C. N° 1.090.472.750, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado “Propuesta de Mejoramiento de Accidentalidad Vial de Motocicletas en la Ciudad de San José de Cúcuta Empleando un Modelo de Dinámica de Sistemas” y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial; autorizamos a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **“los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores”**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

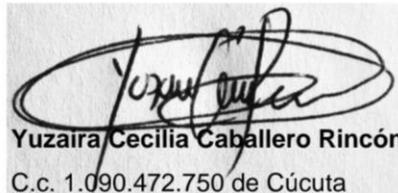


John Alexander Basto Villamizar

C.c.1.096.957.071 de Málaga –

Santander

Código: 1191703



Yuzaira Cecilia Caballero Rincón

C.c. 1.090.472.750 de Cúcuta

Código: 1191789

Dedicatoria

Este logro lo dedico en primer lugar a Dios, por darme paciencia, sabiduría y fuerzas suficientes para llegar a este punto. A mis padres, quienes han sido mi soporte y forjaron mi carácter para ser quien soy hoy en día; a mis hermanos y familiares por su apoyo. También quiero dedicar este logro a mis amigos quienes me han acompañado y han sido participes de mi formación académica brindándome su ayuda y, por último, pero no menos importante a mi compañera por estar durante el proceso de desarrollo de este proyecto.

John Alexander Basto Villamizar.

¡Que nadie se quede afuera, mis agradecimientos a todos!

En primer lugar, quisiera agradecer a Jehová Dios por darme las herramientas necesarias y darme el valor para lograr las metas propuestas. En estas líneas deseo agradecer la ayuda que mi familia, amigos, compañero y colegas me han brindado durante el proceso de mi formación y la elaboración de este trabajo. Este proyecto de grado está dedicado a la memoria de mi hermana Jennifer Caballero Rincón, quién me animó, creyó en mi desde el inicio de mi carrera, y durante varios años me inspiró con su ejemplo, aunque ya no esté ¡esto es para ti!

Yuzaira Cecilia Caballero Rincón

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Francisco de Paula Santander por ser la institución que nos formó profesionalmente, a quienes nos apoyaron en este proyecto y a nosotros mismos por el esfuerzo y paciencia para cumplir esta meta. ¡Gracias Totales!

Resumen

Se realizó una caracterización de situación actual de la ciudad de San José de Cúcuta, en temas pertinentes a movilidad y accidentalidad vial, donde se determinaron variables, recursos y medios que inciden en la accidentalidad en motocicletas. Seguidamente se realizó un diagnóstico de la accidentalidad de motocicletas de la ciudad, infraestructura vial, causas, clasificación y regulación de siniestros viales de los años 2018 y 2019; lo cual permitió establecer una base de información para el desarrollo de un modelo del sistema de accidentalidad bajo los parámetros de dinámica de sistemas para su simulación en el software Vensim® PLE, este se desarrolló en tres (3) etapas: diseño, elaboración y validación; el cual se compone de 91 variables en sus diferentes tipos de nivel, flujo, auxiliares y constantes. A continuación de lo anterior se generaron de escenarios de mejoras a partir de los tres diagramas causales seleccionados para su análisis y por último la generación de políticas de mejora en cultura vial, movilidad urbana e infraestructura vial, con base a los resultados se los escenarios concebidos.

Palabras Clave: Accidentalidad vial, Accidentalidad de motocicletas, Diagnostico de accidentalidad vial, Logística de accidentalidad vial, Dinámica de sistemas, Modelo Vensim, Diagrama Forrester, Políticas de movilidad vial.

Abstract

A characterization of the current situation of the city of San José de Cúcuta was carried out, in topics pertinent to mobility and road accidents, where were determined variables, resources and means that have an impact on motorcycle accidents. Afterwards, a diagnosis of the city's motorcycle accident rate, road infrastructure, causes, classification and regulation of road accidents in the years 2018 and 2019 was carried out; which allowed establishing an information base for the development of an accident system model under the parameters of system dynamics for its simulation in Vensim® PLE software. This was developed in three (3) stages: design, elaboration and validation; which is composed of 91 variables in their different types of level, flow, auxiliary and constant. After this, improvement scenarios were generated from the three causal diagrams selected for their analysis and finally the generation of improvement policies in road culture, urban mobility and road infrastructure, based on the results of the conceived scenarios.

Keywords. Road accident, Motorcycle accident, Road accident diagnosis, Road accident logistics, System dynamics, Vensim model, Forrester diagram, Road mobility policies.

Contenido

	Pág.
Introducción	26
1. Problema	28
1.1. Título	28
1.2. Planteamiento del Problema	28
1.3. Formulación del Problema	33
1.4. Justificación	33
1.4.1. A nivel de empresa	34
1.4.2. A nivel de estudiante	35
1.5. Objetivos	35
1.5.1. Objetivo general	35
1.5.2. Objetivos específicos	36
1.6. Alcances y limitaciones	36
1.6.1. Alcances	36
1.6.2. Limitaciones	37
2. Marco Referencial	38
2.1. Antecedentes	38
2.2. Marco Teórico	40

2.2.1.	Movilidad vial	40
2.2.2.	Accidentes de tránsito	41
2.2.3.	Factores de riesgo	42
2.2.3.1.	Factores humanos	42
2.2.3.1.1.	Género	43
2.2.3.1.2.	Edad	43
2.2.3.1.3.	La experiencia	43
2.2.3.1.4.	Fatiga	44
2.2.3.1.5.	Distracciones	45
2.2.3.2.	La velocidad	45
2.2.3.3.	Alcohol	45
2.2.3.4.	Iluminación y visibilidad	45
2.2.3.5.	Factores del entorno	46
2.2.3.6.	Mantenimiento y estado de la vía	46
2.2.3.7.	Factores del vehículo	46
2.2.3.8.	Factores meteorológicos	47
2.2.4.	Análisis de un sistema	47
2.2.5.	Aplicaciones de la dinámica de sistemas	48
2.2.6.	Elementos de la dinámica de sistemas	48
2.2.6.1.	Noción de sistema dinámico	48

2.2.6.2.	Límites del sistema	49
2.2.6.3.	Elementos y relaciones en los modelos	50
2.2.6.4.	Diagrama causal	51
2.2.6.4.1.	Relación causal propiamente dicha	51
2.2.6.4.2.	Relación correlativa	51
2.2.6.5.	Bucles de realimentación	52
2.2.6.5.1.	Bucles de realimentación positiva	52
2.2.6.5.2.	Bucles de realimentación negativa	52
2.2.6.6.	Diagrama causal complejo	53
2.2.6.7.	Diagramas Forrester	54
2.2.6.8.	Variables de nivel	54
2.2.6.9.	Variables de flujo	55
2.2.6.10.	Variables auxiliares	56
2.2.6.11.	Retrasos	57
2.2.6.12.	Fases de desarrollo de la dinámica de sistemas y proceso de modelado	58
2.2.6.12.1.	Fase de identificación del problema y análisis del comportamiento	58
2.2.6.12.2.	Fase del modelado cualitativo o causal del sistema	60
2.2.6.12.3.	Fase de modelado cuantitativo	60
2.2.6.12.4.	Fase de simulación del modelo	61
2.2.6.12.5.	Fase de evaluación y análisis del modelo	62

2.2.6.12.6. Análisis de sensibilidad	63
2.3. Marco Conceptual	64
2.4. Marco Contextual	70
2.5. Marco Legal	74
3. Diseño Metodológico	76
3.1. Tipo de Investigación	76
3.2. Población y Muestra	76
3.2.1. Población	76
3.2.2. Muestra	77
3.3. Instrumentos Para la Recolección de la Información	77
3.3.1. Información primaria	78
3.3.2. Información secundaria	78
3.4. Análisis de la Información	78
4. Resultados y Análisis Preliminares	79
4.1 Diagnóstico del Sistema Actual de Movilidad y Tráfico Vial en la Ciudad San José de Cúcuta de Motocicletas a Través de una Caracterización.	79
4.1.1. Generalidades de movilidad, accidentalidad y seguridad vial en Colombia	80
4.1.1.1. Facilidad de adquisición de motocicletas en Colombia	80
4.1.1.2. Infraestructura vial de Colombia	81
4.1.1.3. Normatividad vial para motociclistas en Colombia	82

4.1.1.4.	Seguridad vial en Colombia	83
4.1.1.5.	Accidentalidad vial en Colombia	84
4.1.2.	Movilidad vial en la ciudad de San José de Cúcuta	86
4.1.2.1.	Infraestructura vial	88
4.1.2.1.1.	Vías Urbanas	89
4.1.2.1.2.	Malla Vial Arterial	89
4.1.2.1.3.	Malla vial Zonal	90
4.1.2.1.4.	Malla Vial Barrial	90
4.1.2.2.	Estado de la Red Vial en Cúcuta	91
4.1.2.3.	Tecnología	92
4.1.2.3.1.	Iluminación	92
4.1.2.3.2.	Semaforización	93
4.1.2.3.3.	Señalización vial	93
4.1.2.4.	Parque automotor de la ciudad de San José de Cúcuta	93
4.1.2.4.1.	Servicio Público	94
4.1.2.5.	Facilidad de adquisición de motocicletas	95
4.1.3.	Accidentalidad vial de la ciudad de San José de Cúcuta	96
4.1.3.1.	Lesionados	97
4.1.3.2.	Mortalidad	97
4.1.3.3.	Causas	97

4.1.4.	Accidentalidad vial de motociclistas en la ciudad de San José de Cúcuta	99
4.1.4.1.	Causas	107
4.1.4.1.1.	Factores infraestructurales	109
4.1.4.1.2.	Factores climáticos	110
4.1.4.1.3.	Factores Tecnológicos	110
4.1.4.1.4.	Factores humanos y cultura del motociclista	111
4.1.4.1.5.	Causados por terceros	113
4.1.4.2	Diagnostico de causas	114
4.1.5.	Logística atención de accidentes	115
4.1.6.	Seguridad vial para motocicletas	123
4.1.6.1.	Campañas de seguridad vial	125
4.1.6.2.	Lineamientos de seguridad vial	127
4.2.	Desarrollo de un Modelo de Dinámica de Sistemas de Accidentalidad de Motocicletas	130
4.2.1.	Identificación del problema y análisis del comportamiento del sistem.	130
4.2.2.	Caracterización de variables	131
4.2.3.	Modelado cualitativo o causal del sistema	134
4.2.3.1.	Diagrama de influencias	134
4.2.4.	Modelo matemático del sistema	140
4.2.5.	Diagrama Forrester	142

4.2.6. Simulación y validación del modelo	142
4.3. Generación y Validación o Análisis de Sensibilidad de Escenarios del Modelo	
Planteado.	151
4.3.1. Selección de variables para la generación de escenarios	151
4.3.2. Escenarios del factor humano y cultura del motociclista	152
4.3.3. Escenarios del factor poblacional	155
4.3.4. Escenarios del factor Infraestructural	160
4.4. Propuesta de Políticas de Mejora de los Escenarios Concebidos.	162
4.4.1. Políticas de la educación y cultura vial	163
4.4.2. Políticas de la regulación y control del crecimiento del parque automotor	164
4.4.3. Políticas del mantenimiento de red vial	164
4.4.4. Mejora esperada a partir de las políticas propuestas	165
Conclusiones	167
Recomendaciones	171
Bibliografía	173
Anexos	179

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Histórico de accidentes viales – Datos Nacionales	29
Figura 2. Vehículo involucrado- Datos Departamental – Norte de Santander	31
Figura 3. Variaciones porcentuales ene- dic 2017-2018	32
Figura 4. Representación de un sistema como interacción entre elementos en el interior	50
Figura 5. Clasificación de las variables que aparecen en un modelo.	50
Figura 6. Ejemplos de diagramas causales: a) estructura simple: b) estructura causal	52
Figura 7. Estructura de realimentación positiva.	52
Figura 8. Estructura de realimentación negativa.	53
Figura 9. Conexión de un nivel N a los flujos de entrada FE y de salida FS.	56
Figura 10. Representación en el diagrama de Forrester de un flujo F cuyo valor viene dado por una tasa normal TN afectada por un multiplicador M.	56
Figura 11. Variables VA2, y VA1 como pasos intermedios en la determinación de F1 en función de N1, N2, y N3.	57
Figura 12. Forma Simbólica de representar que la variable B es una función no lineal o tabla de A.	57
Figura 13. Bucle de realimentación con un retraso.	58
Figura 14. Diagrama Forrester elemental.	61
Figura 15. Jerarquía de validación del modelo.	63
Figura 16. Vista aérea de la ciudad de San José de Cúcuta.	71
Figura 17. Red vial de San José de Cúcuta	73
Figura 18. Tenencia de motocicletas por estratos socioeconómicos, 2018.	81

Figura 19. Mapa de Comunas de la Ciudad de San José de Cúcuta.	88
Figura 20. Jerarquía de la infraestructura vial de la ciudad de San José de Cúcuta.	89
Figura 21. Siniestros viales en la ciudad de San José de Cúcuta entre los años 2016 - 2018.	97
Figura 22. Factores de accidentalidad en la ciudad de San José de Cúcuta entre los años 2016 y 2018.	98
Figura 23. Motociclistas accidentados durante los años 2018 y 2019.	100
Figura 24. Clasificación de lesionados o muertos según género.	101
Figura 25. Motociclistas Lesionados y fallecidos por Mes durante los años 2018 y 2019	103
Figura 26. Accidentes en Donde Participaron Motociclistas por Hora durante los años 2018 y 2019.	104
Figura 27. Accidentes donde participaron motociclistas durante los años 2018 y 2019, según la comuna.	106
Figura 28. Causas de accidentes viales de motociclistas con heridos en la ciudad de Cúcuta entre los años 2018 y 2019.	108
Figura 29. Causas de accidentes viales de motociclistas con muertos en la ciudad de Cúcuta entre los años 2018 y 2019.	109
Figura 30 Factores infraestructurales causantes de accidentes viales con lesiones en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.	109
Figura 31. Factores tecnológicos causantes de accidentes viales con lesiones en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.	110
Figura 32. Factores humanos y cultura del motociclista causantes de accidentes viales en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.	112

Figura 33. Factores humanos y cultura del motociclista causantes de muertes en accidentes viales en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.	113
Figura 34. Terceros causantes de accidentes viales en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.	113
Figura 35. Gráfico de Pareto Causas de accidentes de motociclistas	114
Figura 36. Diagrama Causa - Efecto de las causas de accidentes de motociclistas	115
Figura 37. Diagrama de Flujo de la logística de atención de accidentes viales.	120
Figura 38. Diagrama causal accidentalidad en motocicletas	135
Figura 39. Diagrama causal actores viales.	136
Figura 40. Diagrama causal factor humano y cultura del motociclista.	137
Figura 41. Diagrama causal estrés y fatiga.	137
Figura 42. Diagrama causal habilidad.	138
Figura 43. Diagrama causal factor tecnológico.	138
Figura 44. Diagrama causal factor infraestructural.	139
Figura 45. Diagrama causal factor clima	140
Figura 49. Accidentes de tránsito en motocicleta 2020 -2030.	144
Figura 50. Accidentes con otros actores viales 2020 - 2030.	144
Figura 51. Tráfico vehicular 2020 -2030.	145
Figura 52. Cantidad de motociclistas 2020 -2030.	146
Figura 53. Accidentes por cultura del motociclista 2020 - 2030.	146
Figura 54. Accidentes por habilidad 2020 - 2030.	147
Figura 55. Accidentes por red vial en mal estado 2020 -2030.	148
Figura 56. Total red vial; Red vial en buen estado; red vial en mal estado, 2020 - 2030.	149
Figura 57. Accidentes por factores climáticos adversos 2020 - 2030.	149

Figura 58. Accidentes por estrés y fatiga 2020 -2030.	150
Figura 59. Accidentes por mal estado del vehículo 2020 -2030.	151
Figura 60. porcentaje de participación en accidentes en motocicletas al año 2030.	152
Figura 61. Accidentes por cultura del motociclista, E1, E2 y E3.	154
Figura 62. Accidentes de tránsito en motocicleta, E1, E2 y E3.	155
Figura 63. Datos del tráfico vehicular al año 2030, E1 y E2.	156
Figura 64. Accidentes con otros actores viales al 2030, E1 y E2.	157
Figura 65. Datos de accidentes de tránsito en motocicletas acumulado 2030, E1 y E2.	157
Figura 66. Datos del tráfico vehicular al año 2030, E3 y E4.	158
Figura 67. Accidentes con otros actores viales al 2030, E3 y E4.	159
Figura 68. Datos de accidentes de tránsito en motocicletas acumulado 2030, E3 y E4.	160
Figura 69. Km de red vial en mal estado, E1 y E2.	161
Figura 70. Accidentes por red vial en mal estado acumulado 2030, E1 y E2	162
Figura 71. Accidentes de tránsito en motocicletas esperados con la mejora propuesta.	166

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Condiciones de víctima – Datos nacionales	30
Tabla 2. Condiciones de la víctima- Datos departamental - Norte de Santander	30
Tabla 3. Cifras de fallecidos de acuerdo con la condición agrupada a la víctima para el periodo ene-dic 2017- Cúcuta	31
Tabla 4. Cifras de lesionados de acuerdo con la condición agrupada a la víctima para el periodo ene-dic 2017- Cúcuta.	31
Tabla 5. Gravedad de accidentes de tránsito en los últimos años en la ciudad de Cúcuta	33
Tabla 6. Antecedentes.	38
Tabla 7. Símbolos que aparecen en los diagramas de Forrester	55
Tabla 8. Accidentes viales en la ciudad de Cúcuta durante los años 2016, 2017 y 2018	74
Tabla 9. Marco Legal	74
Tabla 10. Infraestructura del transporte – 2018	82
Tabla 11. Estado de la red no concesionada – 2018	82
Tabla 12. Condición de la víctima en accidentes viales en Colombia en el año 2018	85
Tabla 13. Medios de transporte involucrados en accidentes viales en Colombia - 2018	85
Tabla 14. Tipo de Accidente vial en Colombia para el año 2018	86
Tabla 15. Departamentos con mayores índices de accidentalidad en Colombia - 2018	86
Tabla 16. Parque automotor de la ciudad de San José de Cúcuta en el año 2019	94
Tabla 17. Movimiento del transporte tradicional según área metropolitana, ciudad y nivel de servicio - IV trimestre 2018 – 2019 (cifra provisional)	95
Tabla 18. Siniestros viales en la ciudad de San José de Cúcuta entre los años 2016 – 2018	96

Tabla 19. Matriz de colisiones	99
Tabla 20. Edad y género de los motociclistas lesionados y muertos en accidentes viales durante los años 2018 y 2019	101
Tabla 21. Edad de los Motociclistas	102
Tabla 22. Accidentes de motociclistas por día de la semana durante los años 2018 y 2019	103
Tabla 23. Accidentes en Donde Participaron Motociclistas según Hora y Día del accidente, registrados en el año 2018 y 2019	105
Tabla 24. Accidentes donde participaron motociclistas durante los años 2018 y 2019, según la comuna	106
Tabla 25. Causas de accidentes viales de motociclistas con heridos en la ciudad de Cúcuta entre los años 2018 y 2019	107
Tabla 26. Causas de accidentes viales de motociclistas con muertos en la ciudad de Cúcuta entre los años 2018 y 2019	108
Tabla 27. Factores infraestructurales causantes de accidentes viales con lesiones en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019	109
Tabla 28. Factores tecnológicos causantes de accidentes viales con lesiones en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019	110
Tabla 29. Factores humanos y cultura del motociclista causantes de accidentes viales en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019	111
Tabla 30. Factores humanos y cultura del motociclista causantes de muertes en accidentes viales en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019	112
Tabla 31. Terceros causantes de accidentes viales con lesiones en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019	113

Tabla 32. Matriz Haddon	121
Tabla 33. Cuadro de acciones y medidas del plan estratégico de seguridad vial del municipio de San José de Cúcuta	126
Tabla 34. Variables del sistema	131
Tabla 35. Educaciones del sistema de accidentalidad vial	140
Tabla 36. Datos de los escenarios del factor humano y cultura del motociclista	153
Tabla 37. Accidentes de tránsito en motocicleta, E1, E2 y E3	154
Tabla 38. Datos del tráfico vehicular al año 2030, E1 y E2	155
Tabla 39. Accidentes con otros actores viales al 2030, E1 y E2	156
Tabla 40. Datos de accidentes de tránsito en motocicletas acumulado 2030, E1 y E2	157
Tabla 41. Datos del tráfico vehicular al año 2030, E3 y E4	158
Tabla 42. Accidentes con otros actores viales al 2030, E3 y E4	159
Tabla 43. Datos de accidentes de tránsito en motocicletas acumulado 2030, E3 y E4	160
Tabla 44. Km de red vial en mal estado, E1 y E2	161
Tabla 45. Accidentes por red vial en mal estado acumulado 2030, E1 y E2	162
Tabla 46. Políticas de la educación y cultura vial	163
Tabla 47. Políticas de la regulación y control del crecimiento del parque automotor	164
Tabla 48. Políticas del mantenimiento de red vial	165

Lista de Ecuaciones

	Pág.
Ecuación 1. Ecuación de evolución del nivel	54
Ecuación 2. Derivación de evolución del nivel	54
Ecuación 3. Ecuación de evolución del nivel con el método de Euler.	54
Ecuación 4. Ecuación del flujo correspondiente a la gráfica 10	56
Ecuación 5. Ecuación de nivel	61
Ecuación 6. variación neta de un nivel	61
Ecuación 7. Ecuación para el tamaño de la población conocida (población finita)	77

Lista de Anexos.

	Pág.
Anexo 1. Entrevista diagnostico	179
Anexo 2. Resultados de la entrevista para el diagnóstico	182
Anexo 3. Diagrama de flujo logística de atención de accidentes de tránsito	Documento anexo
Anexo 4. Mapa de accidentes en motocicleta – Cúcuta	Documento anexo
Anexo 5. Diagrama de influencias	Documento anexo
Anexo 6. Diagrama Forrester	Documento anexo

Introducción

La necesidad de encontrar respuestas a una realidad cambiante y dinámica donde se presentan problemas, los cuales son predecibles, estables, ordenados, lineales y controlables, por ello es que es difícil de comprender el comportamiento de estos sistemas, y es así como surge la necesidad de acudir a nuevas herramientas y metodologías que permitan comprender e intervenir en los sistemas complejos de una manera eficiente y a partir de estos formular mejoras en los sistemas; una de ellas es la Dinámica de sistemas, la cual propone una aproximación entre el problema, sus actores y como transcurren las influencias en los sistemas, esta fue ideada con el fin de resolver problemas en concreto.

En la ciudad de Cúcuta en el departamento de Norte de Santander, se registran cifras alarmantes con respecto al caso de la accidentalidad de motocicletas en las calles de la ciudad, lo que representa problema social muy alarmante donde se involucran diferentes variables y factores de riesgo que intervienen en los accidentes de motocicleta; es ahí donde entra la dinámica de sistemas a estudiar alternativas para el proceso de toma de decisiones, que permitan tomar las decisiones después de identificar y analizar la información recogida del sistema en base a un modelado del sistema. Esta metodología, actualmente utilizada, fue creada a mediados de los años 1950 por el profesor Jay Forrester a raíz de un trabajo que realizó para General Electric, donde observó que en las empresas se producían fenómenos de realimentación que podían ser causa de oscilaciones. De esta forma, ideó una metodología que permitía construir modelos, con la posibilidad de simular su evolución temporal con la ayuda de softwares informáticos (Jaimes, 2016, p. 16).

En la presente propuesta se pretende usó la metodología de la dinámica de sistemas para entender el comportamiento del sistema de accidentalidad de motocicletas en la ciudad de San José

de Cúcuta a través de un modelo matemático construido con ayuda del software Vensim©® con el objetivo de explicar el comportamiento del sistema, su estructura y políticas de mejora para estudiar cambios estructurales. Para ello en primera instancia se hizo una aproximación en términos de accidentalidad con cifras a nivel de la ciudad, departamental y nacional, factores causales y riesgos; y a la dinámica de sistemas con el fin de comprender la complejidad del sistema analizando las fluctuaciones presentadas en el sistema, los ciclos de realimentación, elementos, flujos de información y de material en el sistema. Por lo tanto, el modelo se sometió a pruebas con el fin de poder garantizar los objetivos mencionados anteriormente y de esta manera estimar comportamientos futuros como soporte para la toma de decisiones y la formulación de políticas de mejora para la situación descrita.

1. Problema

1.1. Título

Propuesta de mejoramiento de accidentalidad vial de motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta empleando un modelo de dinámica de sistemas

1.2. Planteamiento del Problema

En Colombia se puede apreciar que las motocicletas ocupan el primer puesto del parque automotor, lo cual es sustentado por el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), en su página web, donde reportaron que en el mes de diciembre del año 2019 se registraron 8'906.554 que representan 58% en motocicletas, mientras los vehículos registrados alcanzan 6.266.954 para un 41% vehículos y un 1% maquinaria, remolques y semirremolques (RUNT, 2020) Cifras que van en aumento ya que el colombiano promedio muestra en su comportamiento a la hora de comprar un medio de movilidad, preferencia por las motocicletas, justificando que este medio de transporte ofrece libertad en su movilidad, ahorro en combustible, bajos costos de compra, facilidades de pago, entre otros factores.

En la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV), realizada cada año por el DANE muestra cómo los hogares han incrementado la tenencia de este tipo de bienes en el tiempo, al pasar del 8,5% de los hogares en 2003, al 15,1% en 2008, al 15,9% en 2010, al 26,1% en 2015 y proyectado a más del 28% en 2016 (Checa & Ceamanos, 1997) (Cámara de la Industria Automotriz de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, 2017(ANDI), 2017); “El año pasado, la

motocicleta logró establecerse en más de 4,1 millones de hogares colombianos, y más del 15% de esos hogares en los estratos 2 y 3 tenían más de uno de estos vehículos” (ANDI, 2017).

El incremento de usuarios de este medio de movilidad ha traído consigo incidentes viales, que pese a las normativas y restricciones tomadas en los últimos años siguen presentándose día a día en el país. Entre enero y septiembre del 2019 se registraron de forma preliminar 4.761 fallecidos en las vías colombianas, de los cuales el 52% corresponde a motociclistas, 24.6% a peatones, 12.2% automóviles y el 6.7% ciclistas, en cuanto a lesionados los motociclistas también ocupan el primer puesto con el 56,1% del total de lesionados en el país, según los datos procesados por el Observatorio Nacional De Seguridad Vial-ONSV con base en los registros proporcionados por Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF).

En cuanto al histórico de mortalidad y lesionados en las vías el Observatorio Nacional De Seguridad Vial-ONSV indica que el mayor número de víctimas ocurrió durante el año 2015, lo cual se detalla en la figura 1.

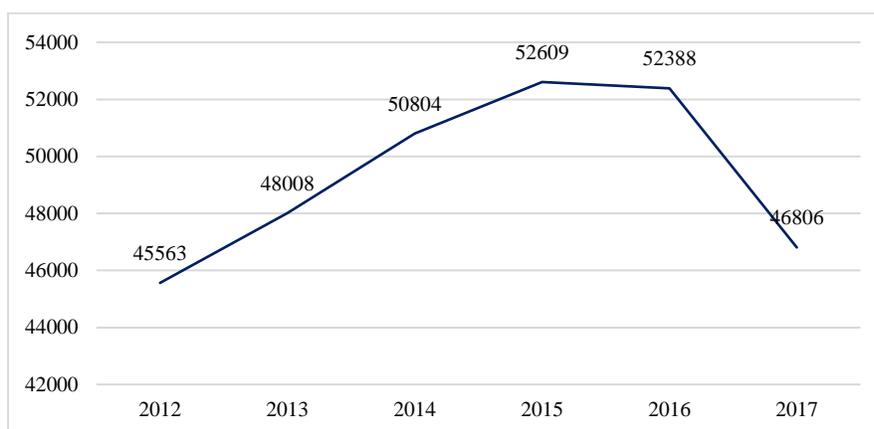


Figura 1. Histórico de accidentes viales – Datos Nacionales
Fuente: Adaptación (INMLCF, 2018, p. 63).

Bajo las condiciones de peatón, usuario de motocicleta, usuario de vehículo, usuario de bicicleta y sin información (Tabla 1), donde las cifras más altas de accidentalidad vial corresponden a los usuarios de motocicletas.

Tabla 1.
Condiciones de víctima – Datos nacionales

Condición	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1. Peatón	10878	11301	11513	11418	10914	9726
2. Usuario de motocicleta (conductor y acompañante)	20939	23925	25593	28496	29657	26051
3. Usuario de vehículo (conductor y pasajero)	10549	10072	10672	9188	8464	7599
4. Usuario de bicicleta (ciclista y acompañante)	2431	2537	2719	3013	3127	3031
5. Sin información	766	173	307	494	226	399
Total	45563	48008	50804	52609	52388	46806

Fuente: Adaptación (INMLCF, 2018, p. 63)

A nivel departamental, en Norte de Santander las cifras más altas en el 2017 de víctimas fallecidas y lesionadas en hechos de tránsito siguen correspondiendo a los usuarios de motocicletas (Tabla 2).

Tabla 2.
Condiciones de la víctima- Datos departamental - Norte de Santander

1. Peatón	233
2. Usuario de motocicleta (conductor y acompañante)	597
3. Usuario de vehículo (conductor y pasajero)	198
4. Usuario de bicicleta (ciclista y acompañante)	30
5. Sin información	4
Total	1062

Fuente: Adaptación (INMLCF, 2018, p. 21)

Igualmente, la motocicleta es el vehículo más involucrado en hechos de tránsito durante esta vigencia tal como se muestra en la figura 2, según los datos procesados por el Observatorio Nacional de Seguridad Vial.

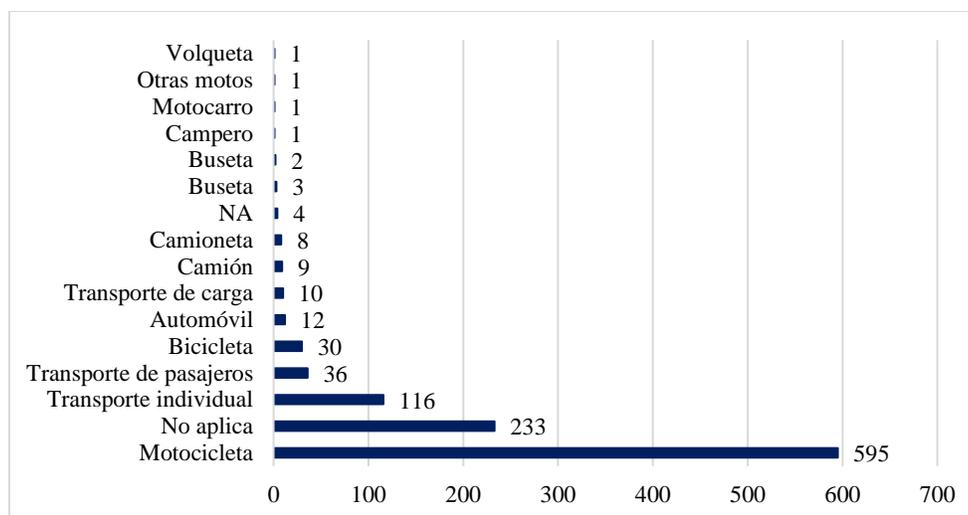


Figura 2. Vehículo involucrado- Datos Departamental – Norte de Santander
Fuente: Adaptación (INMLCF, 2018, p. 21)

En cuanto a la capital Norte Santandereana, según las estadísticas del Observatorio Nacional de Seguridad Vial las cifras obtenidas de fallecidos y lesionados en accidentes viales siguen siendo altas para los usuarios de motocicletas en temas de accidentes viales (tabla 3 y 4).

Tabla 3.

Cifras de fallecidos de acuerdo con la condición agrupada a la víctima para el periodo ene-dic 2017- Cúcuta

	2017	% 2017	2018	% 2018	Var Absoluta	Var Relativa
Usuario de vehículo	9	12	5	6	-4	-44.44
Usuario de bicicleta	4	5.3	3	3.6	-1	-25
Peatón	33	44	36	52.9	8	28.57
Usuario de moto	28	37.3	36	42.9	8	28.57
Usuario otros	1	1.3	0	0	0	0
Sin Información.	0	0	4	4.8	0	0
Resumen	75	99.9%	84	100.2%	-	-

Fuente: Adaptación (ANSV & ONSV, 2018, p. 3)

Tabla 4.

Cifras de lesionados de acuerdo con la condición agrupada a la víctima para el periodo ene-dic 2017- Cúcuta.

	2017	% 2017	2018	% 2018	Var Absoluta	Var Relativa
Usuario de moto	349	62.9	311	55.3	-38	-10.98
Usuario de vehículo	77	13.9	47	8.4	-30	-38.96
Usuario de bicicleta	19	3.4	26	4.6	7	36.84
Peatón	110	19.8	177	31.5	67	60.91
Usuario otros	0	0	1	0.2	0	0
Resumen	555	100%	562	100%	-	-

Fuente: Adaptación (ANSV & ONSV, 2018, 2018, p. 6)

Al mismo tiempo se observó que durante el 2018 se presentó una variación porcentual en aumento para los fallecidos como usuarios de motocicletas durante el periodo 2018 y una disminución en la variación los de los lesionados (ver figura 3).

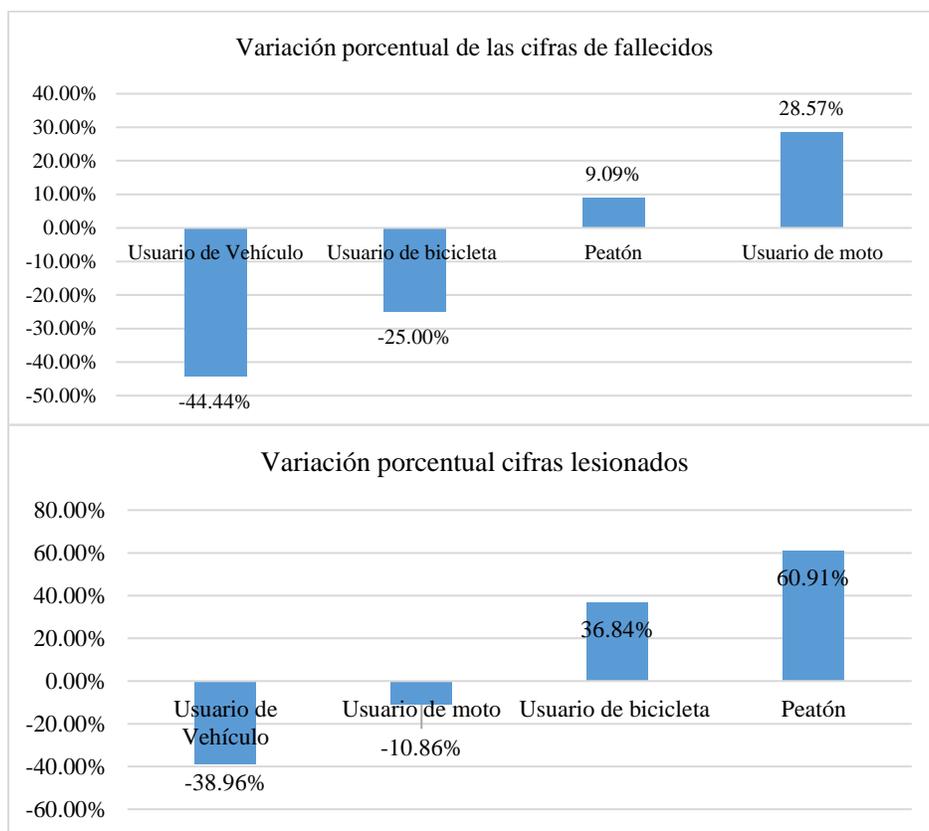


Figura 3. Variaciones porcentuales ene- dic 2017-2018
Fuente: Adaptación (ANSV & ONSV, 2018, p. 2, 6).

Estos accidentes de tránsito se presentan en la ciudad de Cúcuta a consecuencia de factores como desperfectos mecánicos en las motocicletas, causa o error humano, fallas en el diseño o mal estado de las vías, ausencia de señalización adecuada, fenómenos naturales, falta de cultura y compromiso en las vías. Además de lo anterior, se atribuye el ser una zona fronteriza, pues esto permitió a varios de los ciudadanos adquirir motocicletas a precios más asequibles y generando un incremento de usuarios de este medio de transporte, lo cual afectó la seguridad y movilidad en las vías de la ciudad.

Como consecuencia de la concentración de motocicletas afectó los índices de accidentalidad,

inseguridad vial, mortalidad, aumento en costos por accidentes, trancones, entre los aspectos más importantes se relaciona a continuación la tabla 5 donde se evidencia el incremento de dichos índices.

Tabla 5.

Gravedad de accidentes de tránsito en los últimos años en la ciudad de Cúcuta

Gravedad del accidente	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Con heridos	177	231	252	468	808	956	1087	634	4713
Solo daños	469	835	470	81	23	26	16	6	1926
Con muertos	28	18	31	26	34	26	26	27	216
Total	674	1084	853	575	865	1008	1129	667	6855

Fuente: Adaptación (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2018)

Por lo manifestado anteriormente se propone la implementación de un estudio que arroje como resultado un modelo matemático por medio de la metodología de la dinámica de sistemas, tomando como punto de partida la conceptualización de dicha metodología y el conocimiento previo del sistema vial, seguido de la correcta definición de la estructura del sistema que es un punto clave para la elaboración del modelo matemático, para el análisis y planteamiento de alternativas o mejorías al sistema vial ya descrito con el fin de tomar medidas que reduzcan los accidentes de tránsito donde se ven involucradas las motocicletas.

1.3. Formulación del Problema

¿De qué manera se puede describir y analizar la accidentalidad vial de motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta, identificando las incidencias de las variables que componen el sistema movilidad para mejorar los niveles de seguridad vial en medios de transporte?

1.4. Justificación

1.4.1. A nivel de empresa. Hoy en día las ciudades que están en constante desarrollo, debido a diferentes problemáticas sociales, políticas y culturales, requieren de soluciones rápidas y eficientes, que velen por el bienestar de los ciudadanos. Por lo que el tema de movilidad vial es de vital importancia para la dinámica de las ciudades, que requieren de una nueva organización y reestructuración, para mitigar las consecuencias que conlleva el rápido crecimiento de la población y el constante flujo migratorio.

Las amplias distancias, hacen necesario el uso de varios medios de transporte, entre los que se destaca el uso de la motocicleta, la cual cuenta con el mayor número de usuarios y mayor demanda en la ciudad de Cúcuta, ya que se ajusta a la economía local, además cuenta con ventajas como ahorro de tiempo, dinero, espacio para guardarla, entre otros aspectos. El uso de motocicletas ha contribuido a la facilidad de transporte de cientos de cucuteños y en algunos casos a generar ingresos. Además de lo anterior este medio de transporte se conoce por tener el mayor índice de accidentalidad y mortalidad vial.

Igualmente se contempla que un efecto indirecto del desarrollo del proyecto es que las aseguradoras obtendrían beneficios económicos, ya que, se han encontrado que algunas atenciones médicas por accidentes de tránsito cada \$100 recibidos en primas que reclaman, se destinan \$448 al pago de siniestros, que en algunos casos pueden ser fraudulentos; en otros casos también se tienen que encargar del pago de auxilio funerario y muerte lo cual genera gran pérdida para las aseguradoras (ANDI, 2017, p. 91, 92).

Es por esto que la dinámica de sistemas se integra para dar soluciones que ayuden a mitigar dichas problemáticas mediante su metodología para el modelado matemático de sistemas complejos que con su “flexibilidad y transparencia en el funcionamiento la han llevado a ser uno de los principales métodos de modelado de sistemas en campos tan diversos como la economía,

sociología o la gestión de recursos, los modelos que resultan de esta metodología no solo son capaces de integrar realidades propias de distintos campos científicos, sino que, a menudo, exponen relaciones no evidentes entre variables pertenecientes al sistema y amplían la comprensión del mismo” (Rubio, 2016).

1.4.2. A nivel de estudiante. Como estudiantes del programa de Ingeniería Industrial cobra valor realizar este proyecto con el fin de aplicar los conceptos de Ingeniería Industrial en la búsqueda de mejoras a problemáticas que se presentan en los diferentes entornos, como en este caso un problema social y de infraestructura vial, el cual le compete a la organización gubernamental y autoridades competentes de la ciudad de San José de Cúcuta buscar soluciones, es allí donde la academia puede plantear soluciones teniendo en cuenta conocimientos adquiridos durante el proceso de aprendizaje, mediante la conceptualización de procesos pertinentes al área de estudio por medio de una revisión bibliográfica y el posterior desarrollo de los objetivos que se adapten a las necesidades del campo de aplicación; y contribuir de alguna manera a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y del desarrollo de la ciudad.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Proponer mejoras en el sistema de accidentalidad vial de motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta a partir del análisis de un diseño de modelo de Dinámica de Sistemas identificando las incidencias de las variables que componen el sistema de movilidad vial.

1.5.2. Objetivos específicos

Diagnosticar el sistema actual de movilidad y tráfico vial en la ciudad San José de Cúcuta de motocicletas a través de una caracterización determinando variables, recursos y medios que inciden en la accidentalidad.

Desarrollar un modelo de dinámica de sistemas de la accidentalidad vial de motocicletas, a partir de las variables, relaciones, restricciones y criterios establecidos en la conceptualización teórica y trabajo de campo.

Validar a través de escenarios el modelo planteado, buscando la reducción del impacto de la accidentalidad de motocicletas, empleando calentamiento computacional.

Proponer políticas de mejora del modelo propuesto que reduzcan la accidentalidad vial de motocicletas en el escenario objeto de estudio.

1.6. Alcances y limitaciones

1.6.1. Alcances. El presente proyecto tiene como objeto temático el análisis de la dinámica de sistemas en la accidentalidad vial de los usuarios de motocicletas, para los propósitos de la investigación inició con un diagnóstico del sistema actual de movilidad y tráfico vial terminando con la propuesta de mejora para el sistema. Por lo cual se desarrolló utilizando conocimientos, herramientas y técnicas afines con la Ingeniería Industrial, que abordan ámbitos académicos como lo son: Investigación de Operaciones, Simulación, Gestión de Proyectos e Indicadores de Gestión como apoyo para la investigación.

Con respecto a su contexto este se realizó en la ciudad de San José de Cúcuta, siendo más precisos los sucesos que ocurrieron en sus vías de tránsito vehicular, de donde se recolectó la

información con la cual se elaboró el modelo matemático con el que se busca solucionar el problema ya mencionado. Se consideraron 4 meses (1 mes= 4 semanas / 1 semana= 6 días) de formulación y ejecución al inicio, teniendo en cuenta que durante la aprobación y ejecución se presentaron imprevistos, por lo cual se ejecutó en 6 meses desde los inicios del mes de mayo a finales del mes de octubre.

1.6.2 Limitaciones. Durante la ejecución del proyecto se presentaron limitaciones de tipo económico para el pago de licencias de software de simulación; retraso en tiempos de ejecución de actividades debido a las medidas de contingencia por pandemia del Covid – 19, dificultad en acceso y vacíos de información e igualmente a la disponibilidad de tiempo de los autores durante la ejecución del mismo puesto que se presentaron otras actividades académicas y de carácter laboral, lo cual generó retrasos en la recolección de datos durante la etapa exploratoria para el cumplimiento de los objetivos.

2. Marco Referencial

2.1. Antecedentes

Tabla 6.
Antecedentes.

Titulo	Descripción	Nivel	Autores	Fuente
Dinámica del sistema vial y nivel de accidentes de Tránsito. Distrito coronel Gregorio Albarracín Lanchipa	El diseño de investigación es descriptivo por tal se pretende estudiar cómo se presenta la dinámica del sistema vial respecto al nivel de accidentes de tránsito en el Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa analizando su estructura interna y desarrollando un modelo de dinámica que refleje y describa el comportamiento de éste. Para ello se precisó el nivel de accidentes de tránsito analizando cuidadosamente toda la información a la que se pudo acceder. Desarrollándose un modelo de Dinámica de Sistemas el que permite modelar el sistema vial en la zona de mayor incidencia. ix Por lo tanto se concluye en que se logró determinar la zona de mayor nivel de accidentes de tránsito, modelado en función a la estructura interna del sistema vial, logrando describir su comportamiento en un periodo determinado.	Internacional	Bach. María Alejandra Sierra Rodríguez	Google Académico
Estudio descriptivo de la accidentalidad de Motocicletas scooter en España (2006-2011)	Este trabajo pretende abordar de una manera descriptiva el estudio de la accidentalidad de las motocicletas scooter en España durante los años 2006 y 2011, ambos inclusive. Con el objetivo de introducir el tema de estudio, este capítulo se centrará en presentar al lector el concepto de accidente de tráfico, tanto desde el punto de visto general como desde el punto de vista normativo; los principales datos epidemiológicos que subrayan la magnitud del problema de los accidentes de motocicleta no solo en España si no a nivel mundial; una revisión del estado del arte sobre los principales factores de riesgo que intervienen en los accidentes de motocicleta; y, por último, un apartado dedicado a la escasa investigación anterior sobre accidentalidad de scooters.		Sergio Hidalgo Fuentes	Repositorio Universitat de Valencia-España
Análisis de la tasa de accidentalidad de motocicletas entre los años 2005 – 2017 en la ciudad de Bogotá D.C.	El siguiente artículo, tiene como finalidad realizar una revisión documental de estudios referentes a la tasa de accidentalidad que se presenta por motocicletas en la ciudad de Bogotá D.C entre los años 2005-2017; y finalmente determinar por medio de un análisis descriptivo las causas de la problemática mencionada. Esto, con el propósito de proponer acciones de mejora respecto a la accidentalidad que generan las motocicletas, y así las autoridades gubernamentales que tengan competencia en el área de movilidad de la ciudad	Nacional	Oscar Javier Castellanos Coca	Repositorio Universidad Cooperativa de Colombia. Santa Marta

	de Bogotá (secretaría de movilidad de Bogotá) puedan implementarlas. Por consiguiente, la revisión se basa en estudios de múltiples fuentes realizados en la ciudad de Bogotá, con el fin de poder identificar las razones del incremento sustancial de accidentalidad en el periodo comprendido de estudio.			
Evaluación de escenarios de descongestión vehicular en Bogotá D.C. mediante Dinámica de Sistemas	<p>Este trabajo propone el desarrollo de un modelo basado en Dinámica de Sistemas en el cual se caracteriza el sistema de transporte de Bogotá D.C. Para realizar lo anterior se modelan las principales variables que intervienen en el sistema de transporte, a fin de lograr un análisis global de la problemática de transporte y evaluar posibles soluciones propuestas por diferentes expertos.</p> <p>El modelo es desarrollado mediante el software Stella, donde se incluyen los diferentes actores que intervienen en la problemática global. Previo al desarrollo del modelo computacional, se lleva a cabo la recolección de información a través de expertos en el tema, que permite realizar una caracterización inicial, para poder así comprender la relación entre variables. Adicionalmente se evalúan sobre el modelo seis diferentes alternativas de solución a la problemática, con el propósito de observar el impacto que estas tendrían sobre el sistema de transporte.</p>		Germán Andrés Méndez Giraldo, Carlos Franco	SciELO (biblioteca electrónica científica en línea) es una biblioteca virtual.
Análisis causal multinivel de accidentes de tránsito en la Ciudad de Cúcuta	<p>El Instituto Nacional de Medicina Legal registró en el 2010 a la ciudad de Cúcuta con la mayor tasa de mortalidad en accidentes de tránsito en las principales ciudades del país que alcanzó un 15.85 muertos por cada cien mil habitantes, superando a Medellín y otras capitales como lo son Bogotá y Cali, y por debajo de otras capitales intermedias como Ipiales, Valledupar y Villavicencio con índices de accidentalidad mayores (23,51 muertos PCCH, 17,60 muertos PCCH y 20,86 muertos PCCH respectivamente), por esta razón la comparación de los resultados obtenidos en esta ciudad con los de la prueba piloto realizada en Medellín, ambas ciudades intermedias, es representativa para la validación del método en Colombia.</p> <p>Con base en lo anterior, es pertinente realizar un planteamiento investigativo sobre: ¿Cuáles son las causas multinivel de accidentes de tránsito en la ciudad de Cúcuta? Considerando las preocupantes cifras de accidentalidad reportadas en esta ciudad y frente al interés que representa para la ingeniería civil como un problema relacionado con la movilidad vial, el deterioro de la calidad de vida y las causas de estos</p>	Local	Javier Alberto Bastidas Espitia, Matheo Quintero Aycardi	Repositorio Universidad Javeriana

2.2. Marco Teórico

El marco teórico que se desarrolla a continuación permite conocer ampliamente los principios, definiciones y argumentos, en primera instancia un acercamiento a la accidentalidad de motocicletas y seguidamente de dinámica de sistemas basados en los planteamientos de Jay Forrester, Javier Aracil y otros autores de estudios con aplicación en el tema, los cuales son de alta importancia para el tema de estudio del presente proyecto.

2.2.1. Movilidad vial. Cambiar de ubicación es de vital importancia para la humanidad, por lo que se acudió a diferentes medios de transporte que se conocen hoy en día para satisfacer esta necesidad, según Duque (2007) el transporte se define como “el movimiento de personas y bienes a lo largo del espacio físico, mediante los modos terrestre, aéreo, marítimo, o alguna combinación de éstos” (p. 1).

Desde la década de los noventa hasta hoy en día, la demanda de medios de transporte ha aumentado de manera excesiva y constante, lo que ha generado caos en el tránsito vial, con mayor incidencia en las grandes ciudades de Colombia, donde muchos habitantes necesitan moverse a diario entre 2 a 6 rutas por día (Aguilar, Capacho, Cáceres, & Castro, 2012, p. 556). Gracias a esto fue aumentando el parque automotor y con ello los accidentes de tránsito. Los accidentes de tránsito se pueden presentar en cualquier hora, día y lugar, con mayor incidencia los días sábado y domingo donde no existen restricciones que controlen el flujo vehicular según señala (Aguilar et al., 2017). De acuerdo al balance anual que presenta el Registro Único Nacional de Tránsito, (RUNT), “las motos continúan ‘reinando’ en Colombia”, para el año 2018 fueron matriculados 810.938 vehículos a nivel nacional, de los cuales el 67% (546.963) fueron motocicletas, el 17%

(140.058) automóviles y el 16% (123.917) restante otras clases de vehículos como camionetas, camión y busetas (RUNT, 2019). Por otra parte, la ANDI en su estudio del sector establece cifras del año 2016 donde la cantidad de motos en el país superaban los 7.2 millones, 1 de cada 6.7 colombianos tiene motocicleta y el 28 % de los hogares tienen al menos una (ANDI, 2017, p. 19).

La superioridad de la motocicleta en las calles puede ser explicada por su facilidad adquisitiva en comparación con los ingresos medios y bajos como según señala Aguilar et al., (2012), quienes afirman que “quienes poseen motocicletas en Colombia, el 69% devengan solo entre menos de uno a dos salarios mínimos legales vigentes” (p. 557). Ahora bien, en el caso de la ciudad de San José de Cúcuta, Norte de Santander; esta situación no es ajena, además de que no solo el tráfico de motos nacionales influye en el caos vehicular, sino por estar en una zona fronteriza, miles de motocicletas con placas de la República Bolivariana de Venezuela circulan y se venden motos a diario en el área metropolitana de Cúcuta, teniendo una estimación de 6500 moto en la ciudad, donde también se negocian alrededor de 1300 motocicletas al mes, siendo 100 de placas venezolanas. (Aguilar et al., 2017, p. 558, 560).

2.2.2. Accidentes de tránsito. Es el que ocurre sobre la vía y de forma repentina e inesperadamente, se determina por condiciones y actos irresponsables potencialmente predecibles, que se atribuyen a factores humanos, vehículos automotores, condiciones climáticas, señalización y caminos, los cuales ocasionan pérdidas prematuras de vidas humanas y/o lesiones, así como secuelas físicas o psicológicas, perjuicios materiales y daños a terceros, no solo generan un costo social en términos económicos y sanitarios, pues también involucra un gran dolor y sufrimiento para los familiares; de acuerdo al informe Mundial sobre la prevención de los traumatismos causados por el tránsito, son más de 1,2 millones de personas las que mueren a consecuencias de

un traumatismo generado por las lesiones (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2017).

2.2.3. Factores de riesgo. Identificar los principales actores que incrementan el riesgo de sufrir un accidente no es una tarea sencilla, ya que, en muchos casos no es posible identificar un único factor causante del accidente.

En el desencadenamiento del accidente ocurren diversos factores como lo son: factores humanos, distracciones, imprudencias; factores de la vía y del entorno como mal estado de la vía, iluminación deficiente o nula, condiciones climáticas y factores relacionados con fallos mecánicos o antigüedad del vehículo; es decir, los accidentes son el resultado de muchas carencias y fallos en los sistemas complejos (Hidalgo Fuentes, 2015, p. 40).

2.2.3.1. Factores humanos. Según Hidalgo Fuentes (2015) es la principal causa de accidentes de tráfico, algunos estudios estiman que el 95% de los accidentes son a causa del factor humano como la única causa.

Petridou y Moustaki (2000) citados por (Hidalgo Fuentes, 2015), presentaron una clasificación de este factor diferenciando cuatro grandes grupos:

- Factores que reducen la capacidad base a largo plazo: inexperiencia, vejez, discapacidad, enfermedad, entre otros.
- Factores que reducen la capacidad base a corto plazo: somnolencia, fatiga, distracciones, conducir bajo los efectos del alcohol, entre otros.
- Factores que promueven comportamientos arriesgados con impacto a largo plazo: no uso del cinturón de seguridad o el casco, velocidad inadecuada de manera habitual, sobre estimación de las propias capacidades, entre otros.
- Factores que promueven comportamientos arriesgados con impacto a corto plazo:

comportamiento suicida, drogas psicotrópicas, actos compulsivos, entre otros.

(p.41).

2.2.3.1.1. *Género*. Según Li, Baker, Langlois y Kelen (1998) citados por Hidalgo Fuentes (2015), “algunos estudios apuntan a que los conductores varones se ven envueltos en tres veces más accidentes mortales que las conductoras mujeres” (p. 42). Otros en cuanto a la parte física, Evans y Gerrish (2001) también citados por Hidalgo Fuentes (2015), encontraron que, “ante el mismo impacto físico, el riesgo de fallecer era superior entre las mujeres que entre los hombres” (p. 42). En tanto a la parte comportamental, “el sexo es un potente predictor de una conducción arriesgada, siendo los hombres más propensos a presentar conductas de riesgo durante la conducción de vehículos que las mujeres” Harré, Brandt & Dawe, (2001) y Oltedal & Rundmo, (2006) citados por Hidalgo Fuentes (2015) (p.42).

2.2.3.1.2. *Edad*. Según (Li et al., 2003) es uno de los factores más estudiados en relación a los accidentes de tráfico, ya que, varios estudios señalan como los conductores de avanzada edad tienen una mayor probabilidad de sufrir accidentes de tránsito mortales por distancia recorrida respecto a conductores pertenecientes a otros grupos de menor edad, a excepción de los más jóvenes, el riesgo se incrementa de manera importante a partir de los 50 años con altas tasas de mortalidad (p. 229).

Por otra parte, los conductores jóvenes infringen con mayor frecuencia normas de tráfico y se ven involucrados en mayor número de accidentes respecto a los conductores más mayores (Alver, Demirel, & Mutlu, 2014, p. 98).

2.2.3.1.3. *La experiencia*. Los conductores con mayor experiencia son más rápidos a la hora de identificar un peligro mientras conducen que los conductores inexpertos, los primeros están más preparados de encontrar pistas visuales como precedentes de una situación de riesgo (Crundall

et al., 2012, p. 601). “las personas que inician conduciendo algún tipo de vehículo, en este caso una moto, pues inician con cierto temor por no haber salido nunca a la calle propiamente, ese temor a medida que transcurre la experiencia se va perdiendo” (Cantor et al., 2015, p 201).

Un conductor de motocicleta adquiere experiencia conforme al tiempo se hace más fácil referente a sus exigencias perceptivas y motoras, se comienza a tener mayor precaución ante los demás vehículos, peatones y situaciones que puedan generar riesgo de accidente en la vía (Cantor et al., 2015, p 201).

2.2.3.1.4. Fatiga. Según (Grandjean, 1979), en términos generales son síntomas entre los que se siente cansancio o somnolencia, alerta reducida, percepción lenta y disminución del rendimiento tanto físico como mental (p. 176).

En el ámbito de seguridad vial Dawson et al. (2018) manifiesta que la “fatiga puede causar un rendimiento de la conducción extraño y conducir a accidentes de muchas maneras que estos criterios no capturarán”. Es difícil verificar si el accidente está relacionado con fatiga, aun así, los autores indican que existen criterios para determinar si un accidente ocurrió por esta causa:

- Horario de conducción extendido.
- Evidencia de que el conductor se quedó dormido o estuvo somnoliento.
- Comentarios sobre cansancio.
- Conducir a la derecha del centro en ausencia de una concentración elevada de alcohol en la sangre.
- Conducción nocturna.
- Largos periodos de conducción.
- El vehículo realizó una maniobra que sugiere pérdida de control del operador debido a la fatiga.

- Acción correctiva ausente, retrasada o exagerada en el contexto de peligro inminente.

2.2.3.1.5. *Distracciones.* La distracción al volante es un desvío de la atención del conductor de su actividad, a consecuencia de que este está temporalmente centrado en un objeto, persona, tarea o actividad no relacionada con la conducción, lo que disminuye la alerta del conductor, llevando a un aumento de riesgo a acciones correctivas, incidentes o accidentes (Grandjean, 1979).

La distracción por parte del conductor se da por una interferencia entre la conducción y una estimulación externa diferente a conducir, como lo puede ser escuchar música, sintonizar la radio lo cual puede ocasionar un accidente (Fountas et al., 2019).

2.2.3.2. *La velocidad.* Es una de las conductas más relacionados con la conducción y uno de los factores más relevantes en de accidentes de tráfico y en la gravedad de sus consecuencias, ya que, a mayor velocidad, el conductor tiene menos tiempo para reaccionar a cambios o situaciones repentinas que se puedan presentar, la distancia para frenar y la habilidad para maniobrar el vehículo se reducen (Ellison & Greaves, 2015).

La velocidad está considerada como el mayor factor de riesgo de los siniestros viales comprendidos entre un 30 y un 60% de los accidentes de tráfico (Organización Panamericana de la Salud, 2017).

2.2.3.3. *Alcohol.* Los accidentes de tránsito se encuentran relacionados con el consumo de alcohol y conducir en estado de embriaguez (Votey, 1983). El consumo de alcohol, inclusive en pequeñas cantidades, aumenta el impedimento de conducción, además, provoca alteraciones como el aumento de los tiempos de reacción, aumento de distracciones (Christoforou, Karlaftis, & Yannis, 2013, p. 55).

2.2.3.4. *Iluminación y visibilidad.* Los problemas de accidentalidad debidos a la visibilidad

o ausencia de luz han sido identificados como uno de los factores que incrementan la gravedad de las lesiones producto de accidentes de motocicleta, a pesar de que la mayoría de los casos de accidentes de motocicleta ocurren durante el día, los accidentes que se dan en horas de la noche presentan una mayor gravedad (De Lapparent, 2006, p. 264, 265).

Los motociclistas se ven envueltos en más accidentes en la noche, dónde la culpa es de otro vehículo tanto en cruces de vía como en autopistas, debido a que no pudo ser visto por el conductor del otro vehículo (Haque, Chin, & Huang, 2009, p 332, 333).

2.2.3.5. Factores del entorno. El comportamiento humano no solo está gobernado por el conocimiento y las habilidades de los individuos, sino también por el propio entorno en el que tiene lugar los diferentes usuarios de la carretera; por un lado, la mayoría de las personas atribuyen la seguridad vial principalmente a los entes gubernamentales, aun así a la hora de ocurrir un accidente el usuario es quien tiene la culpa (Rumar, 2000).

2.2.3.6. Mantenimiento y estado de la vía. Según Hidalgo Fuentes (2015) existen numerosas investigaciones sobre la influencia de la infraestructura vial en los accidentes de tránsito, aunque no existe un aprobación sobre la importancia de mejorar infraestructura vial, otros autores aseguran que la inversión en carreteras para el aumento, la ampliación de los mismos y un buen estado del pavimento tienen una alta influencia en seguridad vial; otros aseguran que dichas mejoras aumentan el nivel de riesgo de los conductores teniendo un impacto negativo en la accidentalidad (p. 80, 82).

2.2.3.7. Factores del vehículo. Es considerado por muchos estudios como el factor con menor peso desencadenante de accidentes de tráfico, su potencial de prevención de accidentes es alto, ya que, al hacer mantenimiento al vehículo ayuda a reducir accidentes aplicables a otras causas como el factor humano o las condiciones de la vía y entorno; los factores del vehículo o la

infraestructura son más efectivos que aquellos encaminadas en la educación de los conductores y otros usuarios de la vía (Evans, 1996).

2.2.3.8. Factores meteorológicos. Según Aron, Billot, Faouzi, & Seidowsky (2015) los accidentes de tránsito tienen un aumento hasta del 13% cuando hay lluvias ya que, el riesgo aumenta debido a múltiples factores como lo pueden ser cambios de velocidades, humedad que afecta el agarre del neumático, aparecería una correlación negativa engañosa entre riesgo y velocidad, entre otros.

Por otra parte, la meteorología tiene un impacto bajo entre los factores que contribuyen a los accidentes de motocicleta, según Hidalgo Fuentes (2015), varios estudios encontraron que la climatología adversa no son un factor causante de accidentes de motocicleta; ya que, estos han ocurrido con buen tiempo y muchos prefieren utilizar otro medio de transporte en caso de mal tiempo o bien bajo condiciones meteorológicas adversas (p. 79).

2.2.4. Análisis de un sistema. Consiste en la disección que establece las partes que forman un sistema, sin embargo, no solo basta con saber cuáles son sus partes; para comprender el comportamiento de un sistema se necesita saber cómo se integran y cuáles son los mecanismos mediante los que se produce la coordinación, para ello, se necesita saber cómo se produce la síntesis de las partes en el sistema (Aracil, 2006, p. 11).

Es por eso que para el análisis de accidentalidad de motocicletas en la ciudad de Cúcuta, es importante la recapitulación de todos los factores del mismo; ya que, el énfasis en la síntesis distingue la metodología sistémica de las metodologías científicas más clásicas de análisis de la realidad, en las que se tiende a sobrevalorar los aspectos analíticos por oposición a los sintéticos, mientras que en la metodología sistémica se adopta una posición más equilibrada (Aracil, 2006, p.

11). Este importante análisis permitirá conocer las partes y la síntesis de la accidentalidad de motocicletas mediante la cual se estudiará cómo se produce la integración de las partes que conforman el sistema.

2.2.5. Aplicaciones de la dinámica de sistemas. Desde su existencia se ha empleado para construir modelos de simulación informática en casi todas las ciencias, como lo son los sistemas sociológicos, cuestiones de implantación de justicia, sistemas ecológicos y medioambientales, en sistemas energéticos, se ha empleado también en problemas de defensa, simulando problemas logísticos de evolución de tropas, y otros problemas análogos (Aracil, 2006, p.14).

En este caso se aborda una problemática social al tratarse de problemas de dinámica de poblaciones, en la cual se afectan los habitantes de la ciudad de San José de Cúcuta a causa de la accidentalidad de motocicletas donde también se pueden ver involucrados peatones, otros vehículos, entre otros.

2.2.6. Elementos de la dinámica de sistemas. La formulación de un modelo de dinámica de sistemas consiste en describir el sistema mediante relaciones matemáticas y lógicas, estos modelos contienen componentes, variables, parámetros y relaciones funcionales. A continuación, se muestra de manera específica, el significado que ellos tienen en la dinámica de sistemas:

2.2.6.1. *Noción de sistema dinámico.* “En el estudio de un sistema puede suceder que la característica fundamental que interese considerar sea su evolución en el tiempo y, en concreto, cómo las interacciones entre las partes determinan esta evolución” (Aracil, 1979, p. 40). La accidentalidad de motocicletas en la ciudad de Cúcuta es un sistema real, del cual se puede obtener una gran variedad de observaciones cuantitativas y propiedades que se encuentren en función del

tiempo con las cuales se pueda estudiar la evolución y el comportamiento con los diferentes actores y causas, los cuales producen variaciones en el sistema.

2.2.6.2. Límites del sistema. Según Aracil (1979), cuando se considera un sistema dinámico como una unidad, tácitamente se asume que existen unos límites que separan esta unidad del medio en el que está inserta, en el interior de estos límites, se genera un comportamiento que, en principio, puede no estar determinado únicamente por acciones aplicadas al sistema desde el medio; siendo un sistema dinámico se puede estudiar como una entidad aislada del medio, que genera su propio comportamiento dinámico (p.40)

Los límites del sistema se deben escoger de manera que se incluyan en su interior los componentes necesarios para generar el comportamiento de interés para estudiar cierta peculiaridad o problema del sistema, los elementos descritos en el interior de los límites deben ser capaces de generar este problema.

Aracil (1979), afirma que el concepto de límite pretende explicar que el comportamiento de interés del sistema se genera en el interior de los límites, y no viene determinado desde el exterior, lo cual no quiere decir que el comportamiento del sistema no vaya a estar afectado desde el exterior de los límites, sino que la acción del medio sobre el sistema puede ser considerada como una perturbación que afecta al comportamiento autónomo del sistema; pero ella misma no suministra al sistema sus características peculiares (p. 41)

Los elementos que se encuentran fuera de los límites están relacionados con aquellos que están dentro de manera muy diferente a cómo los elementos que se encuentran dentro interrelacionados entre sí; las relaciones de causa a efecto entre el medio y el sistema son unidireccionales, mientras que los elementos en el interior del sistema están estructurados por medio de bucles de realimentación que determinan una fuerte interacción entre ellos (Aracil, 1979, p. 40).

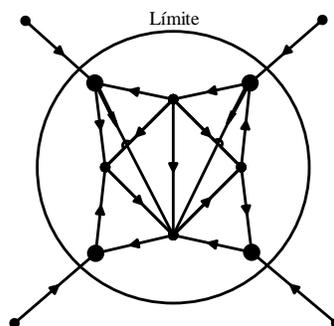


Figura 4. Representación de un sistema como interacción entre elementos en el interior
Fuente: Adaptación (Aracil, 1979, p 42)

El medio está constituido por el conjunto de todos los objetos situados en el exterior de los límites del sistema, estos pueden hacer un cambio en ciertos de sus atributos que afectan al sistema, y otros diferentes a los anteriores son afectados por el comportamiento del sistema; un mismo atributo no puede afectar y ser afectado por el sistema, en tal caso estaría incluido dentro del sistema, normalmente lo que interesa es considerar únicamente las acciones del medio sobre el sistema, y no las posibles acciones del sistema sobre el medio (Aracil, 1979, p. 41)

2.2.6.3. Elementos y relaciones en los modelos. “La elección de los elementos y de las relaciones de interés constituye una opción en la que se pone de manifiesto la capacidad del especialista que construye el modelo” (Aracil, 1979, p. 43). Según Aracil, los tipos de elementos, o variables, que intervienen en un modelo pueden clasificarse en exógenos y endógenos cómo lo muestra la Figura 5.

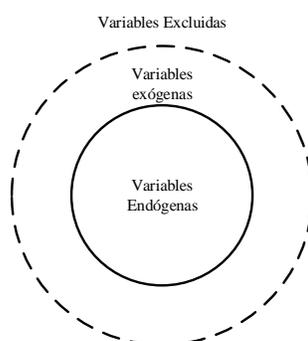


Figura 5. Clasificación de las variables que aparecen en un modelo.
Fuente: Adaptación (Aracil, 1979, p. 44)

Las variables exógenas describen aquellos efectos sobre el sistema que son susceptibles de ser modificados desde el exterior del mismo, estas en cierta forma representan el medio en el que está inmerso el sistema; las variables endógenas sirven para caracterizar aquellos elementos cuyo comportamiento está completamente determinado por la estructura del sistema, sin posibilidad de modificarse directamente desde el exterior.

2.2.6.4. Diagrama causal. Permite conocer la estructura de un sistema dinámico, esta viene dada por la especificación de las variables que aparecen en el mismo, y por el establecimiento de la existencia, o no existencia, de una relación entre cada par de variables; a este nivel de análisis lo único que interesa es si existen relaciones o no (Aracil, 1979, p. 43).

Para llegar al diagrama causal del modelo matemático de accidentalidad de motocicletas se tiene que pasar por un proceso que implica una mezcla de observaciones sobre el sistema, discusiones y análisis de datos. Según Aracil (1979), en los diagramas causales las relaciones que ligan a dos elementos entre sí, pueden ser de dos tipos:

2.2.6.4.1. Relación causal propiamente dicha. Es aquella en la que un elemento A determina a otro B, con una relación de causa a efecto.

2.2.6.4.2. Relación correlativa. Es aquella en virtud de la cual existe una correlación entre dos elementos del sistema, sin existir entre ellos una relación de causa a efecto. (P. 45).

Para construir un modelo de un sistema social, en primer lugar se eligen los elementos, o variables a emplear, en seguida se construye un primer bosquejo cualitativo de las relaciones que ligan a estos elementos por medio de un diagrama causal, este no contiene información cuantitativa sobre la naturaleza de las relaciones que ligan a los distintos elementos, sino que sólo suministra un bosquejo esquemático de las relaciones de influencia causal, luego se establece una primera clasificación de la estructura de los sistemas, de los cuales existen dos tipos básicos de estructuras

causales: la estructura causal simple y la estructura causal compleja (Aracil, 1979, p. 45).

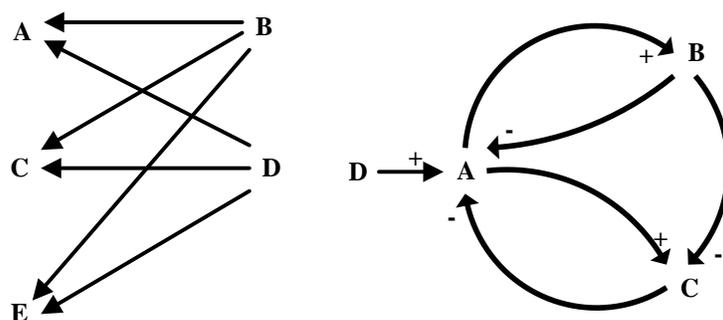


Figura 6. Ejemplos de diagramas causales: a) estructura simple: b) estructura causal
Fuente: Adaptación (Aracil, 1979, p. 45).

2.2.6.5. Bucles de realimentación. En un diagrama causal complejo se pueden encontrar bucles de realimentación. Según Aracil existen dos tipos de bucles de realimentación:

2.2.6.5.1. Bucles de realimentación positiva. Son aquellos en los que la variación de un elemento se propaga a lo largo del bucle de manera que se refuerza la variación inicial (Aracil, 1979, p. 46).

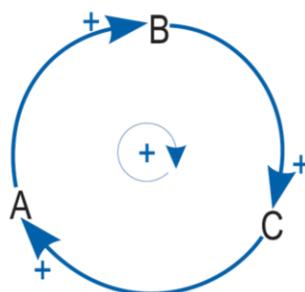


Figura 7. Estructura de realimentación positiva.
Fuente: (Aracil, 2006, p. 26).

En la figura 7 se tiene el diagrama causal de un bucle de esta naturaleza. En efecto, si se produce el aumento de A, determina un aumento en B, que a su vez determina un aumento de C, lo que por último determina un nuevo aumento de A, que reiniciará el proceso (Aracil, 1979, p. 46).

2.2.6.5.2. Bucles de realimentación negativa. Son aquellos en los que una variación en un elemento se transmite a lo largo del bucle de manera que determine una variación que contrarreste la variación original (Aracil, 1979, p. 47).

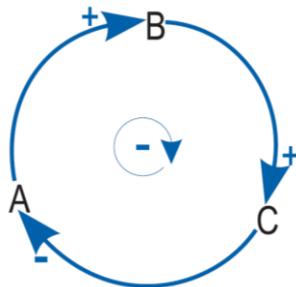


Figura 8. Estructura de realimentación negativa.
Fuente: (Aracil, 2006, p. 24)

En la figura 8 se tiene un bucle de esta naturaleza, un aumento de A determina un aumento de B, que a su vez determina un aumento de C, que por último determina una disminución de A (Aracil, 1979, p. 47). El comportamiento de estos bucles es caracterizado por una acción auto correctora, es decir, que cualquier variación que se produzca en uno de los elementos del bucle tiende a anularse. Un bucle de realimentación negativa tiende a crear equilibrio. Un bucle realimentado es negativo si contiene un número impar de relaciones negativas. (Aracil, 1979, p. 47)

2.2.6.6. Diagrama causal complejo. Son los que se representan simultáneamente a partir de la combinación de Bucles de realimentación positiva y negativa en un solo diagrama, el comportamiento del conjunto dependerá de cuál de los bucles domine al otro en cada momento (Aracil, 1979, p. 48)

La construcción de un diagrama causal debe realizarse con gran cuidado para evitar posibles errores. Aracil (1979), para obtener diagramas causales satisfactorios deben tenerse en cuenta las siguientes reglas:

- a. Evitar bucles ficticios.
- b. Emplear elementos que sean fácilmente caracterizables por números.
- c. No emplear dos veces la misma relación en un mismo modelo, sin embargo, con relaciones causales explícitas deben explicitarse las mismas.

- d. Evitar bucles redundantes.
- e. No emplear el tiempo como un factor causa (Aracil, 1979, p. 49)

2.2.6.7. Diagramas Forrester. Entre los distintos elementos que constituyen el diagrama causal son representados por medio de variables, que están clasificadas en tres grupos: variables de nivel, variables de flujo y variables auxiliares.

2.2.6.8. Variables de nivel. “Constituyen aquel conjunto de variables cuya evolución es significativa para el estudio del sistema. Los niveles representan magnitudes que acumulan los resultados de acciones tomadas en el pasado” (Aracil, 1979, p. 54)

También son conocidas como variables de estado, ya que, indican cómo se encuentra el estado de un sistema que se representa por medio de las variables de nivel. La elección de los elementos que van a representar los niveles del sistema de accidentalidad de motocicletas en la ciudad de Cúcuta, dependerá del problema por el cual se están generando, así que, en la elección de estas variables se jugará un papel importante en el diseño del modelo.

A cada nivel N se puede asociar con un flujo de entrada FE y con un flujo de salida FS , así que, las ecuaciones que representan la evolución del nivel son:

Ecuación 1. Ecuación de evolución del nivel

$$N(t) = N(0) + \int_0^T (FE - FS) dt \quad (1)$$

Fuente: Adaptación (Aracil, 1979, p. 54).

O lo que es igual a,

Ecuación 2. Derivación de evolución del nivel

$$\frac{dN}{dt} = FE - FS \quad (2)$$

Fuente: Adaptación (Aracil, 1979, p. 54).

Como también se puede escribir de forma aproximada, con el método de Euler de integración numérica.

Ecuación 3. Ecuación de evolución del nivel con el método de Euler.

$$N(t + \Delta t) = N(t) + \Delta t [FE(t) - FS(t)] \quad (3)$$

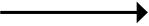
Fuente: Autores, adaptación (Aracil, 1979, p. 56).

Siendo esta última ecuación la forma más común de escribir en la dinámica de sistemas.

2.2.6.9. Variables de flujo. Determinan las variaciones en los niveles del sistema, se caracterizan porque toman las acciones del sistema, las cuales se acumulan en los correspondientes niveles; estas determinan cómo se convierte la información disponible en una acción o actuación, debido a su naturaleza son variables que no son medibles en sí, sino por los efectos que producen en los niveles con los que están relacionadas (Aracil, 1979, p. 56)

Las variables de flujo se representan por medio de los símbolos que se indican en la tabla 7:

Tabla 7.
Símbolos que aparecen en los diagramas de Forrester.

Símbolo	Representación	Descripción
Nube		Representa una fuente o un pozo; puede interpretarse como un nivel que no tiene interés y es prácticamente inagotable.
Nivel		Representa una acumulación de un flujo: la variable de estado.
Flujo		Variación de un nivel; representa un cambio en el estado del sistema.
Canal de material		Canal de transmisión de una magnitud física, que se conserva.
Canal de información		Canal de transmisión de una cierta información, que no es necesario que se conserve.
Variable auxiliar		Una cantidad con un cierto significado físico en el mundo real y con un tiempo de respuesta instantáneo
Constante		Elemento del modelo que no cambia de valor.
Retardo		Un elemento que simula retrasos en la transmisión de información o de material.
Variable exógena		Variable cuya evolución es independiente de las del resto del sistema. Representa una acción del medio sobre el sistema.

Fuente: Adaptación de (Aracil, 1979, p. 55)

Las variables de flujo se asocian a adecuaciones que definen el comportamiento del sistema; un bloque representativo de un flujo acepta, como señal de entrada, la información que proveniente de los niveles, o de variables auxiliares, del sistema y suministra como salida el flujo que alimenta a un nivel, donde a todo nivel se le es asociado una variable de flujo (Aracil, 1979, p. 56, 57)

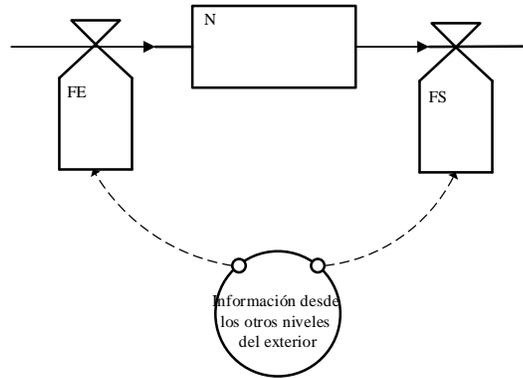


Figura 9. Conexión de un nivel N a los flujos de entrada FE y de salida FS.
Fuente: Adaptación (Aracil, 1979, p. 57).

Una forma usual que toma la ecuación de flujo es la que se representa en la siguiente figura.

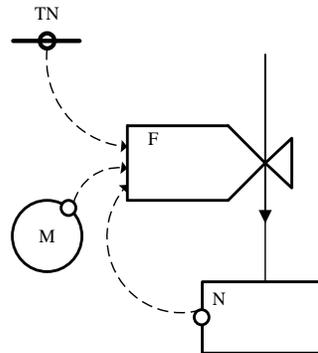


Figura 10. Representación en el diagrama de Forrester de un flujo F cuyo valor viene dado por una tasa normal TN afectada por un multiplicador M.
Fuente: Adaptación (Aracil, 1979, p. 58).

La ecuación de flujo correspondiente a la figura 10 es la siguiente:

Ecuación 4. Ecuación del flujo correspondiente a la gráfica 10

$$F(t) = TN \cdot M(t) \cdot N(t) \quad (4)$$

Fuente: Adaptación (Aracil, 1979, p. 57)

Donde:

TN es el flujo normal

M es lo que se denomina un multiplicador del flujo normal.

Si $M(t) = 1$ se tiene una situación neutral en la que $F(t) = TIC-X(t)$, es decir, el flujo es una fracción constante y normal del nivel (Aracil, 1979, p. 58).

2.2.6.10. Variables auxiliares. Representan pasos o etapas en que se descompone el cálculo de una variable de flujo a partir de los valores tomados por los niveles, unen los canales de

información entre variables de nivel y de flujo; estas en realidad son parte de las variables de flujo, sin embargo, se distinguen de ellas en la medida en que tengan un significado real por sí mismas, o sencillamente hacen más fácil la comprensión de las ecuaciones de flujo. (Aracil, 1979, p. 59).

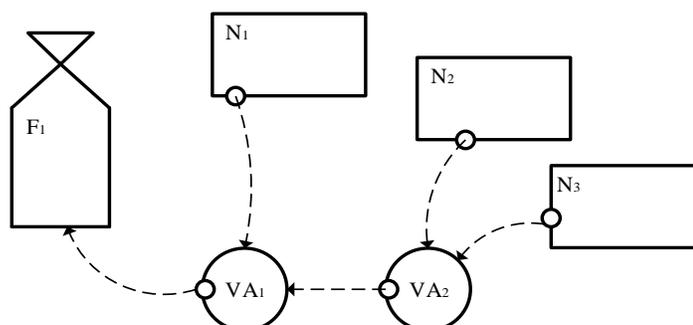


Figura 11. Variables VA2, y VA1 como pasos intermedios en la determinación de F1 en función de N1, N2, y N3. Fuente: Adaptación (Aracil, 1979, p. 60)

Las variables auxiliares se emplean para representar las no linealidades que aparecen en el sistema, es decir, si las variables A y B están ligadas por una expresión de la forma $B = f(A)$, en donde $f(A)$ es una función no lineal, entonces se emplea un símbolo para las variables auxiliares (Aracil, 1979, p. 60). Tal como se indica en la figura 12.

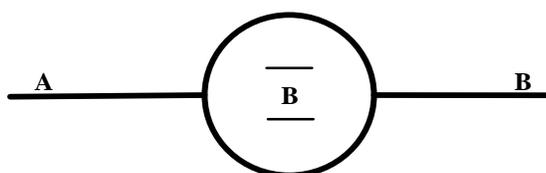


Figura 12. Forma Simbólica de representar que la variable B es una función no lineal o tabla de A. Fuente: Adaptación (Aracil, 1979, p. 60)

2.2.6.11. Retrasos. En algunos casos de las relaciones de influencia se pueden encontrar de forma más o menos instantánea que tardan un cierto tiempo en manifestarse, entonces si en el diagrama de influencias A influye sobre B, y esta influencia tarda un determinado tiempo en manifestarse, entonces, se añade dos trazos sobre la flecha correspondiente. Como se muestra en la figura 13, en donde entre la influencia C y A se produce un retraso

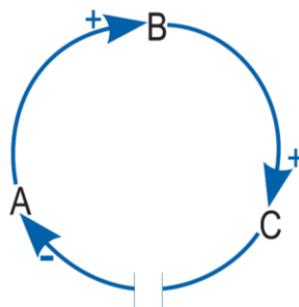


Figura 13. Bucle de realimentación con un retraso.
Fuente: (Aracil, 2006, p. 28)

Los retrasos tienen una gran influencia en el comportamiento de un sistema, ya que, en los bucles de realimentación positiva determinan que el crecimiento no se produzca de forma tan rápida como es de esperar y en los de realimentación negativa su efecto es más patente, ya que, su presencia puede determinar que ante la lentitud de los resultados se tomen decisiones drásticas que conduzcan a una oscilación del sistema (Aracil, 2006, p. 27).

2.2.6.12. Fases de desarrollo de la dinámica de sistemas y proceso de modelado. Consiste en un conjunto de operaciones por medio del cual, se debe llevar a cabo un oportuno estudio y análisis, seguidamente se construye el modelo del aspecto de la realidad problema que se sitúa con relación al proceso, esta se depura hasta reducirla a sus aspectos esenciales, y se reestructura de modo que pueda ser transcrita al lenguaje sistémico. En este caso el proceso consistirá en analizar toda la información recopilada en el desarrollo del modelo de accidentalidad de motocicletas con dinámica de sistemas, se tendrán seis fases, las cuales son: identificación del problema y análisis del comportamiento, modelado cualitativo o diagrama causal del sistema, modelado cuantitativo o diagrama de Forrester, fase de simulación del modelo, fase de evaluación y análisis del modelo y el análisis de sensibilidad.

2.2.6.12.1. Fase de identificación del problema y análisis del comportamiento. En esta primera fase se define con precisión el problema y se establece si es adecuado para ser descrito con las herramientas sistémicas, para ello el problema debe ser susceptible y analizado en componentes

del sistema, los cuales se asocian magnitudes cuya variación a lo largo del tiempo queremos estudiar (Aracil, 2006, p. 58).

La clave para comprender los sistemas complejos es la generalización, por lo que el proceso debe comenzar por definir y delimitar los límites del sistema de acuerdo a la pregunta o preguntas específicas para las que se busca una respuesta, por lo tanto, en esta primera fase se debe especificar con claridad el problema, comenzando por recopilar información y enumerar todas las variables que se consideran necesarias para el sistema. Seguidamente se identifican las variables clave asociadas a las magnitudes cuya variación a lo largo del tiempo se quieren estudiar y que ayuden a definir los referidos límites del sistema, así como la estructura de realimentación que gobierna su dinámica (Morlán Santa Catalina, 2010, p. 61, 62).

Es conveniente describir los diferentes comportamientos que caracterizan el sistema, denominados modos de referencia, estos deben mostrar la evolución temporal de las variables. Los modos de referencia se representan en gráficas de los patrones de comportamiento de las variables clave a lo largo del tiempo, estas pueden referirse tanto al pasado como al futuro y pueden expresar lo que se estima, lo que se teme o lo que se desea. Para esto se dibuja la variable en el eje de ordenadas, mientras que en el eje de abscisas se representa el tiempo; estas son útiles para identificar la estructura subyacente del modelo, para la identificación de ciclos de realimentación y como complemento a las descripciones verbales del comportamiento (Morlán Santa Catalina, 2010, p. 62). Como señala John Sterman citado por Morlán Santa Catalina (2010), no se necesitan datos cuantitativos para capturar la dinámica de los modos de referencia, si no se dispone de datos numéricos se debe estimar el comportamiento de las variables a partir de la descripción realizada y de otra información cualitativa, es importante no omitir variables importantes por el simple hecho de que todavía no hayan sido medidas o porque los datos no sean fácilmente obtenibles (Sterman,

2003).

2.2.6.12.2. *Fase del modelado cualitativo o causal del sistema.* En esta fase se debe realizar la adecuación del lenguaje sistémico fundamental para el estudio del problema, también, se trata de atacar el estudio, definiendo los elementos que integran la descripción y las influencias que se producen entre ellos; el objetivo de esta fase es establecer el diagrama de influencias del sistema (Aracil, 2006, p. 59).

En esta segunda fase se elabora una hipótesis dinámica o causal, lo que implica definir las influencias que se producen entre los elementos que integran el sistema, pues no solo es hasta que se enlazan las relaciones causales que se obtiene una visión del modelo, sino que también se necesita saber de qué dependen las otras variables en las que se quiere influir (Morlán Santa Catalina, 2010, p. 62).

De modo que se puedan entender cómo funcionan las conexiones de las relaciones causales entre las variables del sistema de accidentalidad de motocicletas en la ciudad de Cúcuta, donde el resultado de esta fase determinará el Diagrama de Influencias o Diagrama Causal, el cual debe mostrar las relaciones básicas en forma de bucles de realimentación junto con los retardos.

2.2.6.12.3. *Fase de modelado cuantitativo.* en esta fase se debe disponer de un modelo matemático, o Modelo Cuantitativo del sistema para ser convertido el Diagrama Causal a un Diagrama de Forrester del cual se obtienen las ecuaciones matemáticas que definen el comportamiento del sistema (Aracil, 2006, p 59). Según Morlán Santa Catalina (2010) en este proceso se hace una ampliación y especificación de la información aportada por el Diagrama Causal caracterizando las diferentes variables, las magnitudes, se establece el horizonte temporal, la frecuencia de simulación y se especifica la naturaleza y alcance de los retardos (p. 69).

En otras palabras, en esta fase es donde juega un papel importante el diagrama de Forrester, las

diferentes variables que se puedan encontrar y la representación matemática, la cual esconde una estructura numérica precisa e inequívoca, justamente se amerita a Jay Forrester quien hizo uso del cálculo diferencial propio de los sistemas de control para facilitar la comprensión y manejo de los modelos de simulación dinámica (Morlán Santa Catalina, 2010, p. 69)

Según Morlán Santa Catalina (2010), “los niveles acumulan sus flujos, por tanto, un nivel será la integral de sus flujos (p. 72), tal y como se muestra en la figura 14.



Figura 14. Diagrama Forrester elemental.
Fuente: (Morlán Santa Catalina, 2010, p. 70)

Para la figura 14 la ecuación (5) de nivel será:

Ecuación 5. Ecuación de nivel

$$\text{Nivel}(t) = \int_0^T (\text{Entrada}(t) - \text{Salida}(t))dt + \text{Nivel}(t_0) \quad (5)$$

Fuente: Adaptación (Morlán Santa Catalina, 2010, p. 72)

Para la cual la variación neta de un nivel (ecuación 6) será la derivada con respecto al tiempo:

Ecuación 6. variación neta de un nivel

$$\frac{d(\text{Nivel}(t))}{dt} = \text{Entrada}(t) - \text{Salida}(t)$$

Fuente: Adaptación (Morlán Santa Catalina, 2010, p. 72)

Un diagrama Forrester es el conjunto de un sistema de ecuaciones diferenciales que no se puede resolver analíticamente, es por eso que para generar el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo se utilizan medios computacionales de simulación.

2.2.6.12.4. *Fase de simulación del modelo.* Un modelo matemático consiste sustancialmente en un conjunto de ecuaciones las cuales son procesadas, para ello se necesita la ayuda de la informática; una vez programadas las ecuaciones en un computador se procede a experimentar con el modelo, el proceso recibe la denominación de simulación informática del sistema y requiere de herramientas informáticas adecuadas (Aracil, 2006, p.62)

2.2.6.12.5. *Fase de evaluación y análisis del modelo.* En esta fase el modelo se somete a una serie de pruebas y análisis para evaluar su validez y calidad, los análisis pueden ser diversos y comprenden desde la comprobación de la consistencia lógica de las hipótesis que incorpora, hasta el estudio del ajuste entre las trayectorias generadas por el modelo y las identificadas en la primera fase, también, se incluyen análisis de sensibilidad que permiten determinar cuáles son los factores que más influyen en el comportamiento del modelo (Aracil, 2006, p. 59)

La validación consiste en equiparar la adecuación entre el comportamiento del modelo simulado y los requerimientos previstos por los usuarios finales, es decir, comparar la ejecución del modelo programado con lo esperado o si se ha construido el modelo correcto; un modelo no puede ser válido si no ha sido verificado, sin embargo, un modelo verificado puede ser inválido si representa un propósito erróneo, aunque sea sintácticamente correcto (Morlán Santa Catalina, 2010, p. 77). Según Jay Forrester citado por Morlán Santa Catalina (2010), afirma “que la validación, o el grado de significación de un modelo, debería ser juzgada por su conveniencia en relación a un determinado propósito. Un modelo es lógico y defendible, si consigue lo que se espera de él” (p. 77).

El proceso de validación es un proceso incremental, en el que en una primera instancia se debe validar la arquitectura del modelo, lo que significa analizar tanto la estructura como el comportamiento, o funcionamiento, del mismo; seguido de la validación del comportamiento, luego se puede utilizar para diseñar las diferentes políticas y analizar sus implicaciones, para esto es aconsejable analizar diferentes escenarios que puedan añadir valor a la significación y alcance del modelo (Morlán Santa Catalina, 2010, p. 79)

La anterior información sobre validación y análisis de modelo se puede representar en la figura

15.

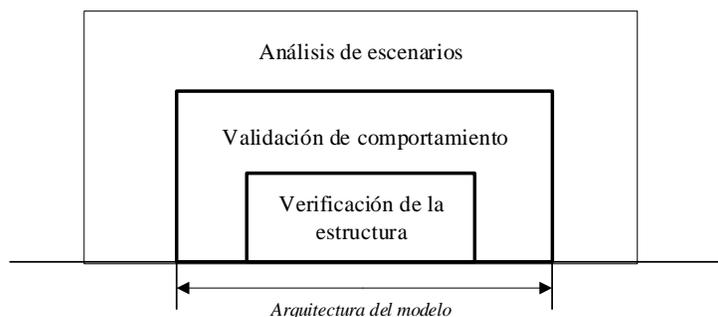


Figura 15. Jerarquía de validación del modelo.

Fuente: Adaptación (Morlán Santa Catalina, 2010, p, 80)

2.2.6.12.6. *Análisis de sensibilidad.* Se produce una integración de información de tipo cualitativo con información de tipo cuantitativo, la cual puede producir problemas, ya que, en todo modelo hay componentes de imprecisión que no se pueden eludir; el hecho de que se asigne un valor numérico determinado a un parámetro, forma funcional a la expresión que relaciona dos variables, obliga a cuestionamientos como: qué sucedería si el valor de ese parámetro o de esa función, fuesen otros, aunque esos valores sean próximos a aquel que se ha adoptado (Aracil, 2006, p 64, 65).

La forma más sencilla de realizar el análisis consiste en modificar los valores numéricos de cada uno de los parámetros, para ello se incrementa el valor del parámetro cuya sensibilidad se quiere estudiar en un determinado porcentaje y luego se hace el análisis sobre la medida en que esta variación afecta a las conclusiones del modelo; de forma sistemática se hace para todos los parámetros, con incrementos y decrementos previamente fijados, para obtener una evaluación de los efectos de las modificaciones realizadas sobre las conclusiones del modelo, el modelo será insensible a las variaciones de los parámetros, si estas variaciones razonables no afectan sensiblemente a las conclusiones que se extraen del modelo (Aracil, 2006, p. 65).

Según Morlán Santa Catalina (2010), en este punto se mejora gradualmente la confianza en un modelo, si se tiene confianza en la capacidad del modelo para reproducir los comportamientos

previstos del sistema, se puede utilizar como herramienta de análisis y aprendizaje, así como para ofrecer soluciones al problema, facilitar mejoras y proponer recomendaciones. (P. 81)

2.3. Marco Conceptual

- Accidente de tránsito. “Resultado de una conjunción o concurrencia desfavorable de múltiples factores (la vía y su entorno, vehículo, conductor y usuarios, condiciones meteorológicas o ambientales) en un momento y lugar determinados” (Checa & Ceamanos, 1997, p. 12).
- Accidente con víctimas. “Accidente en el que una o varias personas han resultado muertas o heridas. Se diferencia de accidente mortal en que también incluye accidentes con heridos” (INTRAS, 2014, p. 162).
- Accidente mortal. “Accidente en el que una o varias personas han resultado muertas. Se diferencia de accidente con víctimas en que en este se incluyen tanto los accidentes con muertos como con heridos” (INTRAS, 2014, p. 162).
- Amenaza. “Se define como la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso, durante cierto período de tiempo en un sitio dado” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018, p. 15).
- Análisis de sensibilidad. “Consiste en un estudio sistemático de cómo afectan a las conclusiones de un modelo las posibles variaciones en los valores de los parámetros y en las relaciones funcionales que incluye” (Aracil, 2006, p. 65).
- Atropello. Accidente donde un peatón es inicialmente impactado por un vehículo; esta clase de accidente es una de las más usuales dentro del área urbana y registra el mayor índice de mortalidad con respecto a las otras de accidentes (Bastidas & Quintero, 2012, p. 29).

- Bucle de realimentación. “Es una cadena cerrada de relaciones causales (Aracil, 1979, p. 45).
- Choque. “Es el impacto de un vehículo en movimiento contra otro u otros vehículos, estén o no en movimiento o contra un objeto fijo” (Bastidas & Quintero, 2012, p. 30).
- Ciclista. “Conductor de bicicleta o triciclo” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018, p. 16).
- Comportamiento de un sistema. “Representación gráfica del conjunto de trayectorias que describen los cambios que sufren a lo largo del tiempo las variables asociadas a un sistema” (Aracil, 2006, p. 80).
- Conducción agresiva. “Comportamiento de un conductor impaciente o encolerizado, que pone en peligro intencionalmente la vida de otro conductor, pasajero o peatón, en respuesta a un altercado, una disputa o, simplemente, un conflicto de tráfico” (INTRAS, 2014, p. 166).
- Conducción preventiva. “Conjunto de técnicas que permiten al conductor actuar con seguridad y depender en mayor medida de sí mismo para evitar cualquier peligro” (INTRAS, 2014, p. 166).
- Conducta de riesgo. “Comportamiento del conductor que aumenta la probabilidad de sufrir un accidente” (INTRAS, 2014, p. 166).
- Conductor. “Persona que se encuentra al volante de un vehículo, que maneja el mecanismo de dirección o va al mando de un vehículo” (INTRAS, 2014, p. 166).
- Constante. “Elemento cuyo valor no cambia durante una simulación” (Aracil, 2006, p. 80).
- Dinámica de Sistemas. “Es una metodología ideada para resolver problemas concretos” (Aracil, 2006, p. 13).
- “Disciplina para el estudio de las relaciones entre la estructura y el comportamiento de un sistema con ayuda de modelos informáticos de simulación.”(Aracil, 2006, p. 81).

- Diagrama de Forrester. “Diagrama que muestra las relaciones entre las variables de un sistema, una vez que han sido clasificadas en variables de nivel, de flujo y auxiliares” (Aracil, 2006, p. 80).
- Diagramas de influencias. “Grafo cuyos nodos son los elementos del sistema y cuyas aristas indican las influencias entre ellos. Constituye una representación gráfica de la estructura del sistema. Recibe también la denominación de diagrama causal” (Aracil, 2006, p. 81).
- Equilibrio. “Estado de un sistema en el cual ninguna de sus variables cambia a lo largo del tiempo” (Aracil, 2006, p. 81).
- Estado. “Información concerniente a un sistema a partir de la cual se puede predecir su futura evolución. En los modelos de dinámica de sistemas el estado viene representado por el conjunto de variables de nivel” (Aracil, 2006, p. 81).
- Estructura. Forma en que los elementos de un sistema se encuentran organizados o interrelacionados. La estructura se representa mediante el diagrama de influencias o causal (Aracil, 2006, p. 81).
- Factor de riesgo. “Circunstancia, condición o comportamiento bajo el cual se incrementa la probabilidad de sufrir un accidente” (INTRAS, 2014, p. 169).
- Flujo. “Variable que representa el cambio que sufre una determinada magnitud por unidad de tiempo. En los modelos de dinámica de sistemas se asocian a cada variable de nivel una o varias variables de flujo” (Aracil, 2006, p. 81).
- Herido. “Persona que ha resultado lesionada como consecuencia de un accidente de tráfico” (INTRAS, 2014, p. 171).
- Límites de un sistema. “Límites que delimitan el sistema que se está considerando. En el interior del sistema se incluyen exclusivamente los elementos considerados más relevantes para el

problema estudiado” (Aracil, 2006, p 81).

- Microsueño. “Periodo de apenas unos segundos de duración durante el cual la persona queda ligeramente dormida. Los microsueños suelen pasar desapercibidos al conductor, a pesar de que durante ellos no es capaz de atender debidamente a los eventos del tráfico” (INTRAS, 2014, p. 171).

- Modelo. Objeto artificial construido para representar de forma simplificada a un sistema real o a un fenómeno de la realidad. Analizando el comportamiento del modelo se extraen consecuencias con relación al del sistema modelado (Aracil, 2006, p. 82).

- Modelo informático. “Modelo de simulación susceptible de ser implantado en un computador” (Aracil, 2006, p. 82).

- Modelo mental. “Representación informal de un cierto aspecto de la realidad, pero que recoge la experiencia que poseen los especialistas en el problema correspondiente. En dinámica de sistemas suele emplearse como punto de partida del proceso de modelado” (Aracil, 2006, p. 83).

- Motociclista. “Conductor de motocicleta” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018, p. 16).

- Mortalidad. Muertes derivadas de los accidentes de circulación. Este concepto se suele relacionar con el de morbilidad (INTRAS, 2014, p. 174).

- Nivel. “Variable que corresponde a un proceso de acumulación en la dinámica de un sistema. Este proceso se realiza mediante las variables de flujo” (Aracil, 2006, p. 83).

- Nivel de alerta. “Capacidad que nos permite mantener la atención de forma prolongada en el tiempo, de modo que nos sea posible responder de forma rápida ante cualquier imprevisto de conducción” (INTRAS, 2014, p. 174).

- Pasajero. “Persona que se encuentra en el interior del vehículo, pero que no lo está

conduciendo (es decir, entre los pasajeros NO se incluye al conductor)” (INTRAS, 2014, p. 174).

- Peatón. “Persona que transita a pie por las vías públicas, sin utilizar ningún otro medio de transporte” (INTRAS, 2014, p. 175).
- Peligro. “Fuente, situación o acto con potencial de causar daño en la salud de los trabajadores, en los equipos o en las instalaciones” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018, p 15).
- Percepción del riesgo. “Proceso mediante el cual se percibe y se valora el riesgo que entrañan las distintas situaciones de conducción” (INTRAS, 2014, p. 175).
- Realimentación. Es un proceso en virtud del cual se recibe continuamente información correspondiente a los resultados de acciones preliminarmente tomadas, a partir de esta información, y de los objetivos propuestos, se toman decisiones relacionadas con las acciones futuras que se vayan a tomar; la estructura de influencias correspondiente es circular (Aracil, 2006, p. 83).
- Retraso. Determinan la lentitud con que mediante los resultados se tomen decisiones drásticas que conduzcan a una oscilación del sistema (Aracil, 2006, p 28).
- Riesgo. “Es la evaluación de las consecuencias de un peligro, expresada en términos de probabilidad y severidad, tomando como referencia la peor condición previsible” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018, p 15).
- Sensibilidad. “Análisis que pretende medir la influencia en las conclusiones que se extraen de un modelo de las variaciones en los valores que se asignan a los parámetros” (Aracil, 2006, p 83).
- Simulación de un modelo matemático. “Consiste esencialmente en un conjunto de ecuaciones. Para procesarlas se necesita ayuda de la informática”(Aracil, 2006, p. 62).
- Sistema. “Entidad formada por un conjunto de elementos en interacción” (Aracil, 2006, p.

83).

- Sistema dinámico. “Objeto matemático formado por un espacio de estados y una regla que prescribe la evolución en él. Los modelos matemáticos que se construyen mediante dinámica de sistemas son sistemas dinámicos” (Aracil, 2006, p. 83).

- Somnolencia. Probabilidad de quedar dormido en un momento determinado (INTRAS, 2014, p. 180).

- Tránsito. “Es la movilización de personas, animales o vehículos por una vía pública o privada, abierta al público” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018, p. 18).

- Tráfico. “Volumen de vehículos, peatones, o productos que pasan por un punto específico durante un período determinado” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018, p 18).

- Variable. “Atributo de un sistema al que se puede asociar una medida mediante un número real y cuyo valor puede cambiar a lo largo del tiempo” (Aracil, 2006, p. 84).

- Variable auxiliar. “En dinámica de sistemas, variable que representa un paso intermedio en el cálculo de una variable de flujo” (Aracil, 2006, p. 84).

- Variable exógena. “En dinámica de sistemas, variable que afecta al sistema pero que no es afectada por ninguna otra del sistema” (Aracil, 2006, p. 84).

- Vehículo. “Todo aparato montado sobre ruedas que permite el transporte de personas, animales o cosas de un punto a otro por vía terrestre pública o privada abierta al público” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018, p 17).

- Vehículo Automotor. “Todo aparato montado sobre ruedas que permite el transporte de personas, animales o cosas de un punto a otro por vía terrestre pública o privada, abierta al público” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018, p 17).

- Vía. “Zona de uso público o privado, abierta al público, destinada al tránsito de vehículos,

personas y animales” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018, p. 18).

- Vía urbana. “Vía que transcurre por el interior de un poblado (salvo las travesías, que se consideran tramos de vías interurbanas que transcurren por suelo urbano)” (INTRAS, 2014, p. 182).

2.4. Marco Contextual

El contexto es definido como “entorno físico o de situación, ya seas político, histórico, cultural o de cualquier otra índole, en el cual se considera un hecho” (Real Academia Española, 2001). El contexto de este proyecto se desarrolló en la ciudad de San José de Cúcuta, capital del departamento de Norte de Santander, situada al noreste del país, en la frontera con Venezuela y a orillas del río Pamplonita, la ciudad está constituida por 10 comunas y se considera como el centro administrativo, económico y político del departamento; geográficamente está localizada en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, su extensión territorial es de 1.176 km² (figura 16), su altitud de 320 msnm y su temperatura promedio de 27.6 °C (AMC, 2015a), y su población según el censo del nacional 2018 es de 629.414 habitantes (DANE, 2019b).

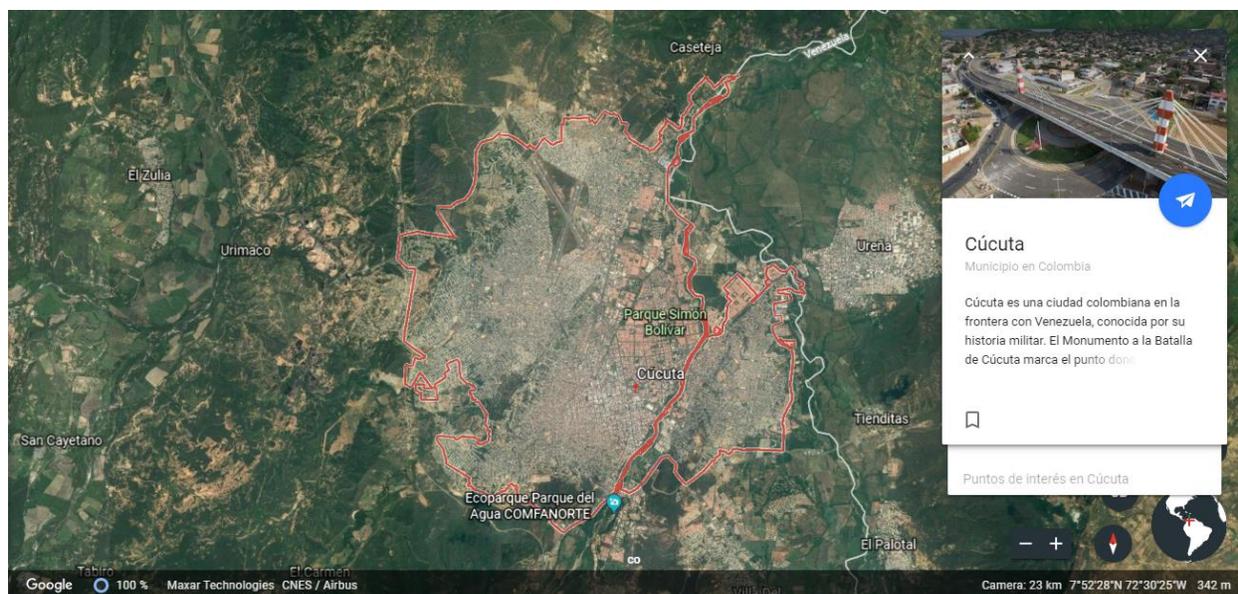


Figura 16. Vista aérea de la ciudad de San José de Cúcuta.

Fuente: (Google Earth, 2019)

En Cúcuta hay un alto flujo de vehículos automotores por sus calles, a este se le suma otro número similar de vehículos provenientes de Venezuela, lo cual genera mayor tráfico vehicular y causalidad de accidentes de tránsito (Aguilar et al., 2017), así mismo esta situación no es ajena para las motocicletas que es el problema de estudio de este proyecto. Según ASOCDA (2019), para el año 2016, el parque automotor de la ciudad de San José de Cúcuta constaba de 120139 vehículos, de los cuales 56753 son motocicletas (p. 12).

La infraestructura vial de la ciudad de Cúcuta está compuesta por “jerarquías viales de acuerdo a la importancia de conexión de cada una de estas. El mayor nivel que comprende las vías principales se denomina Malla vial arterial, la cual sirve los viajes entre las diferentes zonas de la ciudad, el siguiente nivel lo componen la Malla vial zonal, que son vías de menor jerarquía que garantizan la permeabilidad a las zonas desde la malla vial arterial, y el ultimo nivel corresponde a la malla vial barrial que son las vías que permiten la conexión al interior de las zonas (Unión temporal Planeando Cúcuta, 2017)

De acuerdo al Plan Integral De Tránsito Y Transporte - Informe 3 (2018) “Los Ejes

Estructuradores y el Anillo Vial de Cúcuta conforman la red vial metropolitana más importante”.

Esta red contiene 5 ejes con aproximadamente 38km de longitud como se aprecia en la figura 17,

que son:

- Eje No.1: Autopista Atalaya-Avenida Diagonal Santander;
- Eje No.2, Avenida Aeropuerto – Avenida Panamericana (Vía al Salado);
- Eje No.3: Autopista a Ureña - Avenida Gran Colombia;
- Eje No.4: Autopista San Antonio;
- Eje No.5: Vía a San Mateo – Av. 10 de Los Patios.

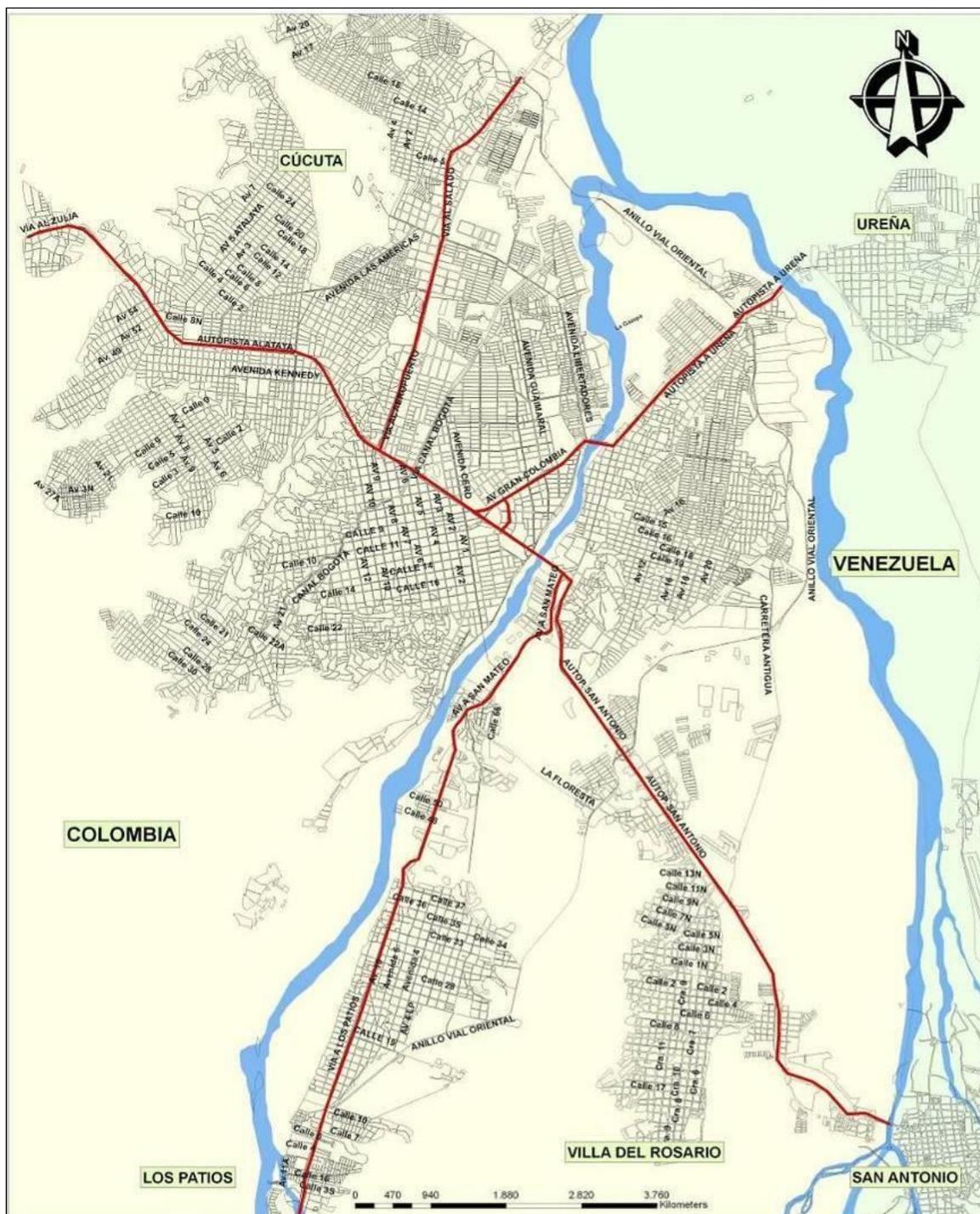


Figura 17. Red vial de San José de Cúcuta
Fuente: (DNP, 2018)

Según el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INML y CF) en los años 2016, 2017 y 2018 se registraron 2154 accidentes viales en la ciudad de Cúcuta donde implica considerados como fatales y no fatales como se muestra la información en la tabla 8:

Tabla 8.

Accidentes viales en la ciudad de Cúcuta durante los años 2016, 2017 y 2018

Accidentes	Año	2016	2017	2018	Total
Fatales	Hombre	65	60	65	190
	Mujer	19	15	23	57
	total	84	75	88	247
No fatales	Hombre	421	330	351	1102
	Mujer	313	247	245	805
	total	734	577	596	1907
Total		818	652	684	2154

Fuente: Adaptación de (INMLCF, 2017c, 2018c, 2019c)

2.5. Marco Legal.

Este proyecto se rige bajo la siguiente normativa legal Vigente:

Tabla 9.

Marco Legal

Norma	Año de emisión	Disposición legal
Constitución política	1991	Norma de normas
Ley 769	2002	Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones
Resolución 17777	2002	Por la cual se adopta el formulario del comparendo único nacional y se codifican las sanciones por infracciones a la normas de tránsito.
Resolución 001737	2004	Por lo cual se reglamenta la utilización de cascos de seguridad para la conducción de motocicletas, motociclos y lo moto triciclos y se dictan otras disposiciones.
Resolución 001122	2005	Por la cual se establecen medidas especiales para prevención de la accidentalidad de los vehículos de transporte público de pasajeros por carretera y vehículos públicos especiales.
Ley 1005	2006	Por la cual se adiciona y modifica el código nacional de tránsito terrestre, de la ley 769 de 2002
Ley 1383	2010	Por la cual se reforma la Ley 769 de 2002-Código Nacional de Tránsito, y se dictan otras disposiciones
Ley 1503	2011	Por la cual se promueve la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguras en la vía y se dictan otras disposiciones
Ley 1696	2013	Por medio de la cual se dictan disposiciones penales y administrativas para sancionar la conducción bajo el influjo del alcohol u otras sustancias psicoactivas
Ley 1702	2013	Por la cual se crea la agencia nacional de seguridad vial y se dictan otras disposiciones
Resolución 2273 Mintransporte	2014	Por la cual se ajusta el Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2021 y se dictan otras disposiciones
Resolución 0001565 Mintransporte	2014	Por la cual se expide la Guía Metodológica para la Elaboración del Plan Estratégico de Seguridad Vial
Decreto 1079	2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector

		Transporte
Decreto 1906	2015	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1079 de 2015 en relación el Plan Estratégico de Seguridad Vial
Resolución 2410 Mintransporte	2015	Por la cual se adopta el Programa Integral de Estándares de Servicio y Seguridad Vial para el Tránsito de Motocicletas
Decreto 1310	2016	Por el cual se modifica el Decreto 1079 de 2015 en relación el Plan Estratégico de Seguridad Vial

3. Diseño Metodológico

3.1. Tipo de Investigación.

De acuerdo a los objetivos el tipo de investigación para este proyecto se considera descriptiva, ya que, consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento, los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere (Arias, 2012, p. 24).

Con base en lo anterior, en esta investigación se realizó un estudio descriptivo el cual permitió describir, analizar y explicar el sistema actual de movilidad y tráfico de accidentalidad vial en motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta, para el desarrollo de un análisis holístico donde se integran variables objetivas y subjetivas para la toma de decisiones en materia de políticas de mejoras en el escenario.

3.2. Población y Muestra.

3.2.1. Población. Según lo que indican Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (1997), primero se debe seleccionar una unidad de análisis de la población que será medida según corresponda el tipo (personas o eventos); luego se debe delimitar la misma para la generalización de los resultados (p. 260-262). Por lo cual para el presente proyecto se tomó como población, los accidentes de motocicleta comprendidos entre los años 2018 y 2019 correspondiente a 925 casos en modalidad fatales y no fatales, datos basados en matriz de

historicos de accidentalidad suministrada por la Seccional Transito y Transporte Metropolitana de Cúcuta.

3.2.2. Muestra. En un inicio se planteó realizar un muestreo estratificado por accidente, teniendo un estimado de población de 1269 accidentes en la ciudad de San José de Cúcuta (INMLCF, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b), para lo cual la muestra se determinó a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 7. Ecuación para el tamaño de la población conocida (población finita)

$$n = \frac{N \cdot Z_c^2 \cdot S^2}{N \cdot e^2 + Z_c^2 \cdot S^2} \quad (7)$$

Fuente: Adaptación de (Arias, 2012, p. 89).

De donde según Arias (2012):

n = Tamaño de la muestra

N = Total de elementos que integran la población. = 1269 accidentes

Z_c^2 = Zeta crítico: valor determinado por el nivel de confianza adoptado, elevado al cuadrado.

Para un grado de confianza de 95% el coeficiente es igual a 2, entonces el valor de zeta crítico es igual a 4.

e = Error muestral: falla que se produce al extraer la muestra de la población. Generalmente, oscila entre 1% y 5%, del cual se tomó un 5%

De acuerdo con lo anterior el tamaño de la muestra estimada inicialmente fue de 296 accidentes. Cabe resaltar que finalmente se decidió que la muestra sería la misma población para darle mayor validez y sustento al modelo con el fin de generar políticas más razonables al contexto de la ciudad, ya que en la Seccional de tránsito tan solo contaban con los históricos de los años 2018 y 2019.

3.3. Instrumentos Para la Recolección de la Información.

3.3.1. Información primaria. La técnica por la cual se optó a utilizar para la recolección de la información de este proyecto y realizar su respectivo análisis fue la entrevista la cual es definida como: “una técnica basada en un diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida” (Arias, 2012, p. 73). Este instrumento se utilizó para recopilar información acerca de datos, variables y causas de la accidentalidad en usuarios de motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta, dirigida a entes de control o funcionarios de instituciones que observan y monitorean el tráfico vehicular de la ciudad como lo es la secretaria de tránsito y transporte y la policía de tránsito de la ciudad (Anexo 1).

3.3.2. Información secundaria. La información secundaria que se utilizará dentro del proyecto está basada en información pertinente a dinámica de sistemas, movilidad, seguridad y accidentalidad vial, teniendo en cuenta páginas web, repositorios institucionales, bases de datos científicas, proyectos que se hayan realizado referentes al tema y libros sobre dinámica de sistemas.

3.4. Análisis de la Información.

Con el fin de analizar la información del estado actual de movilidad y tráfico vial de la ciudad que recolectada se elaboraron tablas de datos con sus respectivas gráficas, matrices cualitativas, matrices cruzadas, diagrama de Pareto y de causa efecto, descritos en el desarrollo de la investigación. E igualmente por medio de la estadística descriptiva se detallará las características del entorno y del sistema de estudio, para lo cual se analizará el contenido de las entrevistas y de la revisión y búsqueda de información con el fin de interpretar datos para la ejecución del proyecto.

4. Resultados y Análisis Preliminares.

En la presente sección del proyecto se realizó en primera instancia se realizó una entrevista en la secretaria de tránsito y transporte de la ciudad (Anexo 2), con el fin de iniciar la recolección de información para iniciar con la caracterización de situación actual de la ciudad de San José de Cúcuta, donde se determinaron variables, recursos y medios que inciden en la accidentalidad. Seguidamente se realizó un diagnóstico de la ciudad sobre accidentalidad vial de motocicletas, infraestructura vial, causas de accidentalidad, clasificación y regulación de siniestros viales; lo cual permitió establecer una base de información para el desarrollo del modelo de dinámica de sistemas, este se desarrolló en tres (3) etapas: diseño, elaboración y validación; el cual se compone de 91 variables en sus diferentes tipos de nivel, flujo, auxiliares y constantes. El desarrollo del proyecto continuo con la generación de escenarios a partir de tres diagrama causales seleccionados para su análisis y por último la generación de políticas de mejora con base a los escenarios concebidos.

4.1 Diagnóstico del Sistema Actual de Movilidad y Tráfico Vial en la Ciudad San José de Cúcuta de Motocicletas a Través de una Caracterización.

Como primer paso del desarrollo de los objetivos se parte desde realizar un diagnóstico a través de una caracterización de situación actual de accidentalidad vial a nivel macro como es el país y micro siendo de la ciudad de San José de Cúcuta y la modalidad de accidentes en motocicleta, donde se determinaron cuáles son sus causas, medios y actores de estos siniestros viales como se detalla a continuación.

4.1.1. Generalidades de movilidad, accidentalidad y seguridad vial en Colombia.

Actualmente se presenta una alta cantidad de vehículos rodando por las vías y calles en el país, siendo así que para el año 2019 el informe del RUNT confirmó que las motocicletas registradas son 8'906.554, representando el 58% del parque automotor del país, mientras que los vehículos alcanzan los 6.266.954 con un 41%, y los 164.457 restantes se registran como maquinaria, remolques y semirremolques y conforman el 1% (RUNT, 2020); El uso de la motocicleta ha incrementado de manera importante a lo largo de las últimas décadas, lo cual causó que variables como la producción y la comercialización de motocicletas presentaran crecimientos sin precedentes dentro del sector industrial en Colombia. Mientras en 1998 rodaban en nuestras calles menos de un millón de estos vehículos, ya en junio de 2019 superaron los 8,6 millones (ANDI, 2019, p. 18). Hoy, uno de cada 5,6 colombianos usa la motocicleta para transportarse, por lo que cada uno de ellos con más de 50 millones de viajes diarios de todos los motociclistas en el país.

4.1.1.1. Facilidad de adquisición de motocicletas en Colombia. Las motocicletas son la forma más accesible de transporte personal, en Colombia han permitido a miles de personas se integren a la vida moderna y aporten ingresos a sus familias; también ofrece calidad de vida, entre otras cosas, mediante el acceso a empleos y servicios, movilidad asequible, y otros como el disfrute de deportes, esparcimiento y turismo (ANDI, 2019, p. 21).

La producción nacional de motocicletas en el 2018 la industria de motocicletas en Colombia registró 527.978 unidades, en cuanto al mercado 576.360 unidades entre producción nacional y exportaciones (ANDI, 2019, p. 21).

Según la Encuesta Nacional de Calidad de Vida de 2018 (ECV), elaborada por el DANE, un 25,6% de los hogares de Colombia tiene motos y el 89,8% de esos poseen al menos una, el 26% de los dueños son mujeres, el 43,4% son menores de 40 años, el 72,1% son casados o viven en

unión marital, el nivel sobresaliente de estudios es la básica primaria, seguida por educación media y luego por básica secundaria, donde menos del 4% de los motociclistas tienen un título universitario o estudios técnicos con título (ANDI, 2019, p. 32).

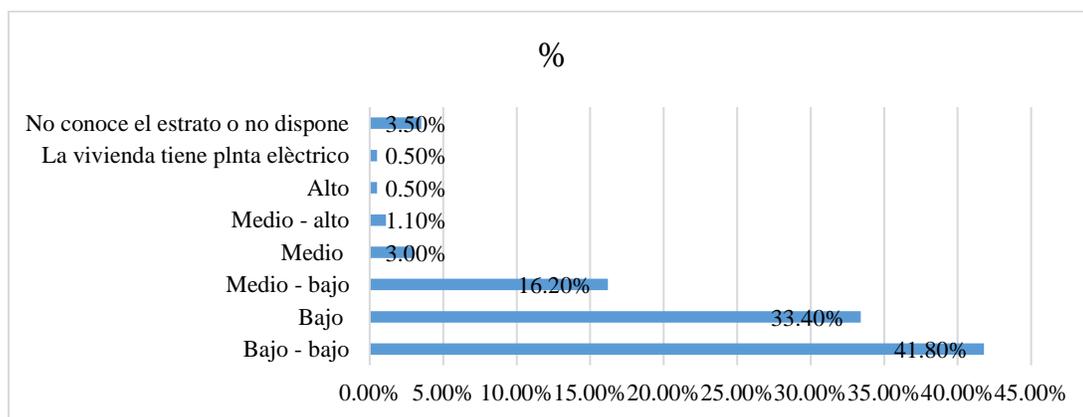


Figura 18. Tenencia de motocicletas por estratos socioeconómicos, 2018.

Fuente: Adaptación de (ANDI, 2019, p. 38)

Los hogares colombianos en donde se tienen motocicletas en su mayoría son pertenecientes a los estratos bajo-bajo, seguido de bajo, medio-bajo; en otras palabras, son variables inversamente proporcionales con el uso del vehículo, a medida que el estrato socioeconómico incrementa, el uso de la motocicleta se reduce significativamente como se muestra en la Figura 18, la cual presenta la tenencia de motocicletas en los hogares colombianos (ANDI, 2019, p. 38). La mayor parte de quienes adquieren motocicletas nuevas en Colombia son personas de los estratos 1, 2 y 3, con un 91.5%, el 8.5% restante son de los 4, 5 y 6, es decir que son mayormente adquiridas por personas de los estratos sociales bajos (ANDI, 2019, p. 38).

4.1.1.2. Infraestructura vial de Colombia. Según el Ministerio del transporte para el año 2018, Colombia contaba con una red de carreteras de 206.627 km, los cuales se clasifican en redes primarias, secundarias y terciarias, siendo esta última la que mayor predomina a nivel nacional con un 68,6% de la red total como se muestra en la Tabla 10:

Tabla 10.
Infraestructura del transporte – 2018.

Concesionario ANI	Primarias		Secundarias		Terciarias		Subtotal	Total Red vial Nacional
	No Concesionad o - INVIAS		A cargo de los departamento s - PVR	A cargo de la Nación - INVIAS	A cargo de los Departamento s	A cargo de los Municipio s		
8476 km	10730 km	19206 km	45137 km	27577 km	13959 km	100748 km	142284 km	206627 km
4.10%	5.19%	9.30%	21.84%	13.35%	6.76%	48.76%	68.86%	100.00%

Fuente: Adaptación de (Ministerio de Transporte, 2018, p. 47)

También el ministerio del transporte muestra el estado de las vías concesionadas y no concesionadas; inicialmente se muestra como la mayor parte de las redes viales concesionadas se encuentran en operación de mantenimiento y construcción, por otra parte, en la red vial no concesionada se encuentra pavimentada y afirmada, donde se resalta que la mayoría de la red vial se encuentra en muy mal estado en los dos casos tal como se detalla en la tabla 11:

Tabla 11.
Estado de la red no concesionada - 2018

	Muy bueno		Bueno		Regular		Malo		Muy malo		Total
Red Pavimentada	816.2	13.53%	2028	33.62%	2051.7	34.01%	1084.8	17.98%	52.2	0.87%	6032.9
Red afirmada	0	0.00%	120.4	11.50%	321.3	30.70%	538.1	51.41%	66.9	6.39%	1046.7

Fuente: Adaptación de (Ministerio de Transporte, 2018, p. 57, 58)

4.1.1.3. Normatividad vial para motociclistas en Colombia. Diversos actores sociales se dieron a la tarea de establecer las respectivas instancias judiciales, reconociendo la facultad de los alcaldes o autoridades administrativas de Colombia en materia de seguridad y transporte y la función social de todos los actores a la contribución en seguridad vial se incluyen medidas como: pico y placa, prohibiciones de transitar en algunas zonas, limitaciones de circulación con parrillero, día sin moto, y otras que se encuentran en el código nacional de tránsito, como lo son:

Los conductores de motocicletas y sus acompañantes deben vestir chalecos o chaquetas reflectivas de identificación, las cuales, deben ser visibles cuando se conduzca entre las 18:00 y las 6:00 horas del día, y siempre que la visibilidad sea escasa.

Los conductores que transiten en grupo lo deben hacer uno detrás de otro.

No se deben sujetar de otro vehículo o viajar cerca de otro vehículo de mayor tamaño que lo oculte de la vista de los conductores que transitan en sentido contrario.

No deben transitar sobre las aceras, lugares destinados al tránsito de peatones y por aquellas vías en donde las autoridades competentes lo prohíban.

Deben conducir en las vías públicas permitidas o, donde existan, en aquellas especialmente diseñadas para ello.

Deben respetar las señales, normas de tránsito y límites de velocidad.

No deben adelantar a otros vehículos por la derecha o entre vehículos que transiten por sus respectivos carriles.

Siempre deberán utilizar el carril libre a la izquierda del vehículo a sobrepasar.

Los conductores y sus acompañantes deben utilizar casco de seguridad y demás elementos de seguridad, de acuerdo como fije el Ministerio de Transporte.

Se deberán usar las luces y direccionales de acuerdo con lo estipulado para vehículos automotores. (Poder Público - Rama Legislativa, 2002, P. 52,53)

4.1.1.4. Seguridad vial en Colombia. A nivel mundial el plan de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020 (2), propone reducir en un 50% la mortalidad derivada de los hechos de tránsito en el mundo, a través de sus cinco grandes pilares: gestión de la seguridad vial, vías de tránsito y movilidad más segura, vehículos más seguros, usuarios de vías de tránsito más seguros y respuesta tras los accidentes (Minsalud, 2019, p. 6).

El Plan Nacional de Seguridad Vial 2011 – 2021, es el documento base de la Política de Seguridad Vial, que contiene los lineamientos estratégicos de implementación de la política, entre los cuales se ha incluido un pilar referente al Comportamiento Humano, desde el cual se pretende instar a los ciudadanos a replantear los comportamientos nocivos para la seguridad vial y fomentar

las buenas prácticas dependiendo de los diversos roles que como actor vial se desempeñan (Minsalud, 2019, p. 6). Por otra parte, el Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS) en el Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021, incluyó la Movilidad Segura, buscando como meta reducir en el 25% la mortalidad a causa de accidentes de tránsito a 2021 aplicando estrategias de intervención intersectorial donde se definieron los factores de riesgo y se establecieron los diferentes actores que intervienen; de la misma forma, se inició un proceso de promoción y prevención desde los entornos saludables, en el cual se pretende priorizar a peatones y ciclistas como actores vulnerables de la vía, en una estrategia de Movilidad Saludable, Segura y Sostenible (Minsalud, 2019, p. 6).

4.1.1.5. Accidentalidad vial en Colombia. En la última década a nivel nacional la cifra supera los 60,000 fallecidos en las carreteras del país, como lo son conductores de vehículos, pasajeros, usuarios de bicicleta, peatones y motociclistas, siendo estos últimos los más afectados con el 80% de los casos; el INMLCF para el año 2018 reportó 46,406 casos atendidos en todo el país en accidentes de tránsito, de los cuales fallecieron 6,879 personas para un 14.82% y las lesiones y 39,527 persona lesionadas para un 85.18% como se muestra en la tabla 12, en términos de muertes por 100,000 habitantes se tiene una tasa de 13.80 muertes, que está muy por encima de las región europea (9.3) y muy cercana a la de las américas (15.6) (INMLCF, 2019c, p. 298, 299).

Durante el año 2018, según lo reportado en el sistema forense a nivel nacional las muertes en accidentes de tránsito corresponden al 80,63% de los casos a hombres, siendo 5,546 casos; en mujeres se registran 1,332 casos para el 19.37% de los casos, de lo que se entiende que por cada 6 hombres (INMLCF, 2019c, p. 301).

Por otra parte, el rango de edades se encuentra que el rango de edades para lesiones fatales el

50.61% de los casos están entre los 15 y 39 años, así mismo en este rango se ubican el 57,90% de los casos en los que solo hubo lesiones (INMLCF, 2019c, p. 301). Por otra parte, se muestra la condición de la víctima en los accidentes de tránsito tanto de lesionados como de fallecidos a continuación en la tabla 12:

Tabla 12.

Condición de la víctima en accidentes viales en Colombia en el año 2018.

Condición de la víctima	Muertes	Accidentes
Conductor	3664	21453
Pasajero	1193	10277
Peatón	1764	7797
Sin información	257	0
Total	6878	39527

Fuente: Adaptación de (INMLCF, 2019c, p. 304)

Adicionalmente el INMLCF detalla que los usuarios de motocicletas son quienes más se ven afectados en los accidentes viales, pues representan el 50.16% de las muertes y el 55.79% de los heridos en estos casos, seguido de peatones, automóviles, bicicletas, entre otros medios de desplazamiento como se muestra en la tabla 13:

Tabla 13.

Medios de transporte involucrados en accidentes viales en Colombia en el año 2018.

Medio de transporte	Muertes	Accidentes
Motocicleta – Motocarro	3450	22057
Peatón	1764	7797
Automóvil - Campero -Camioneta	603	3594
Bicicleta	428	2921
Sin información	270	47
Tracto-camión - camión - furgón - Volqueta	193	217
Bus - buseta - Microbús	118	2761
Otros vehículos terrestres carreteros	23	123
Vehículos aéreos	22	16
Vehículos acuáticos	7	4
Total	6878	39537

Fuente: Adaptación de (INMLCF, 2019c, p. 305)

En cuanto a la clase de accidente a nivel nacional se registra que el 68,66% de los accidentes son de interacciones entre choques con otros vehículos, seguido del atropello, como se muestra en la tabla 14:

Tabla 14.
Tipo de Accidente vial en Colombia para el año 2018.

Tipo de Accidente	Muertes	Accidentes
Choque con otro vehículo	3584	27865
Atropello	1764	7797
Caída del ocupante	166	1275
Caída del vehículo a un precipicio	136	120
lesión dentro del vehículo	0	619
Choque con objeto fijo	0	569
Caída de aeronave	19	0
Hundimiento	8	12
Incendio	6	4
Explosión	3	1
Aterrizaje forzoso	1	4
Volcamiento	577	1246
Sin Información	0	25
Total	6264	39537

Fuente: Adaptación de (INMLCF, 2019c, p. 307)

En la tabla 15, se muestran los 10 departamentos que mayores índices de accidentalidad porcentual presentaron en el 2018.

Tabla 15.
Departamentos con mayores índices de accidentalidad en Colombia para el año 2018.

Posición	Departamento	Muertes	Heridos
1	Valle del Cauca	975	5718
2	Antioquia	854	5702
3	Bogotá D.C.	527	8256
4	Cundinamarca	494	2568
5	Tolima	313	2325
6	Santander	309	2570
7	Cesar	285	927
8	Huila	249	1177
9	Atlántico	235	1911
10	Cauca	219	978
	Total 10 Dpto.	4460	32132
	Total Colombia	6879	39537

Fuente: Adaptación de (INMLCF, 2019c, p. 312).

4.1.2. Movilidad vial en la ciudad de San José de Cúcuta. La ciudad de San José de Cúcuta Para el año 2018 según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) contaba con un total de 711.715 habitantes, 749.197 para el 2019 y un aproximado de 777.106 para el año en curso (DANE, 2019), que pertenecen al 47,9% de la población total del

departamento Norte Santandereano según el DANE, con una densidad de 637 personas por km² (DANE, 2019a). Sin embargo, durante los últimos años estas cifras han incrementado de forma abrupta debido a la recepción de un sinnúmero de personas por temas de orden público y social, en municipios aledaños y el vecino país Venezuela (en su mayoría) que Representa el 5,65% del departamento de Norte de Santander, tiene una elevación promedio de 320 msnm, cuenta con una extensión territorial de 1.176km². En sus límites se encuentra con los municipios: de Tibú en el Norte; por el Occidente con los municipios del Zulia y San Cayetano; por el Sur con los municipios de Villa del Rosario, Bochalema y Los Patios y por el Oriente la República de Venezuela y el municipio de Puerto Santander.

Adicionalmente cuenta con un área metropolitana que fue “creada mediante ordenanza Número 40 del 3 de enero de 1991, y puesta en funcionamiento por decreto 508 del 3 de julio de 1991, está conformada por los municipios de: Cúcuta (Núcleo), Villa del Rosario, Los Patios, El Zulia, San Cayetano y Puerto Santander” (AMC, 2020)

Se distribuye en 10 comunas las cuales están conformadas según el Acuerdo 010 Plan de desarrollo ¡Si se puede! del año 2016, por un total de 320 barrios constituidos, de los cuales 221 tienen Junta de Acción Comunal constituidas (Rojas, Reyes, & Mondragon, 2016, p. 209), (ver figura 19). Igualmente, resaltaron en dicho acuerdo que la ciudad ha tenido a grandes escalas una expansión territorial, atribuida a la creación de asentamientos humanos informales (debido mayormente a la crisis de frontera, entre otras problemáticas) que entrarían en proceso de regularización y legalización durante el cuatrienio 2016-2019, es decir, que en la actualidad dicho número de barrios se ha modificado.

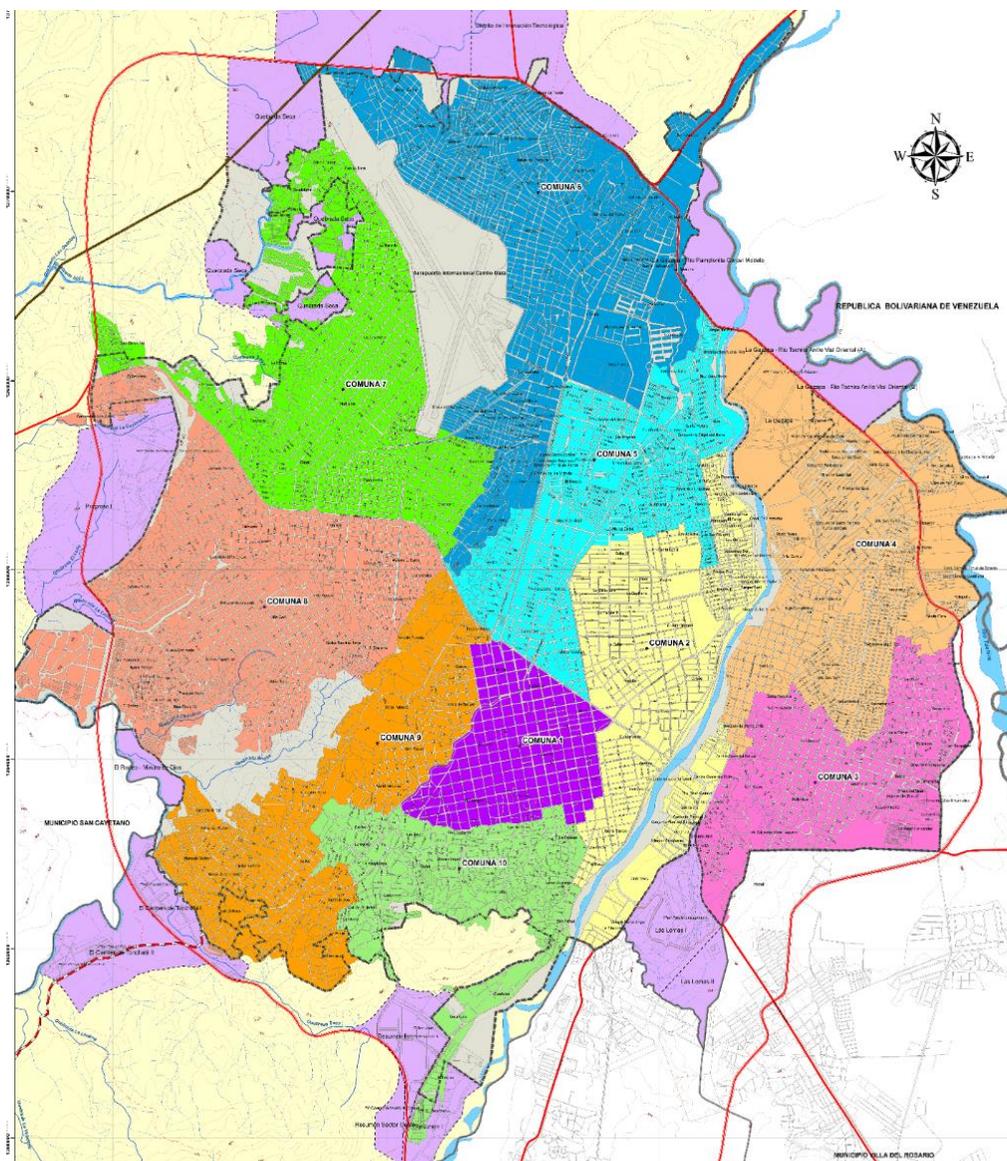


Figura 19. Mapa de Comunas de la Ciudad de San José de Cúcuta.
Fuente: (Departamento Administrativo De Planeación Municipal, 2019)

4.1.2.1. Infraestructura vial. Según la Área Metropolitana de Cúcuta (AMC) La infraestructura y el equipamiento vial metropolitano cuenta con corredores en precarias condiciones, las causas de estas corresponden a falta de planificación desde la misma ejecución de las obras, la insuficiencia de recursos, la desacertada inversión o la falta de control y vigilancia de los proyectos ejecutados en la zona metropolitana; lo que resulta a generar dificultades de

desplazamiento vehicular y peatonal, desorden urbano y el uso inadecuado del espacio público (AMC, 2015, p. 69).

De acuerdo al Plan estratégico de seguridad vial (2016-2020) “La red vial del municipio de San José de Cúcuta está compuesta por 1460 Km de vías urbanas y 918 Km de vías rurales” (p. 21). Las cuales se clasifican en:

De acuerdo al Proceso de Revisión Ordinaria Del Plan De Ordenamiento Territorial, el cual define la jerarquización de la malla vial urbana (Ilustración 2) como:

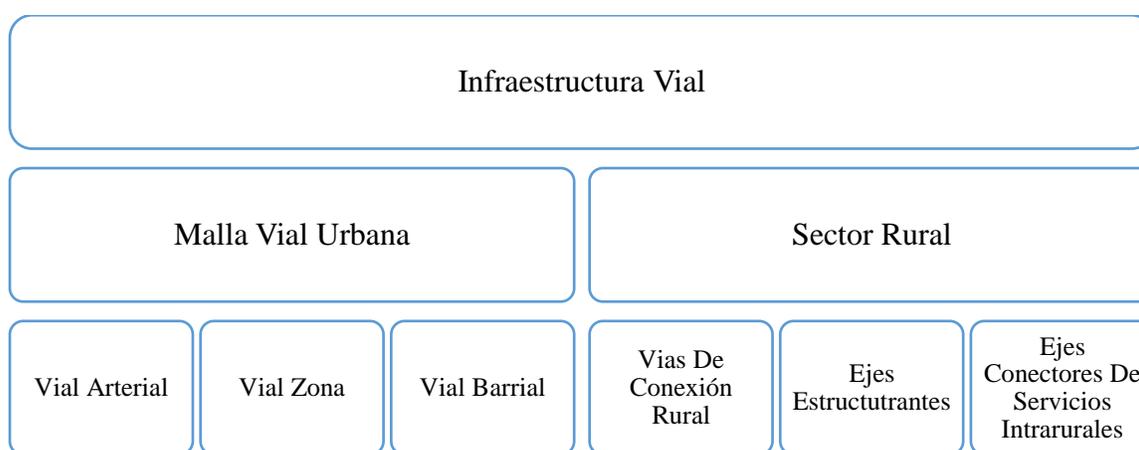


Figura 20. Jerarquía de la infraestructura vial de la ciudad de San José de Cúcuta.

4.1.2.1.1. *Vías Urbanas.* Constituyen la malla vial arterial, la malla vial zonal y la malla vial barrial. Son las encargadas de dar soporte al flujo vehicular dentro del perímetro urbano (Secretaría Distrital De Ambiente, 2018, p. 18).

4.1.2.1.2. *Malla Vial Arterial.* Es la red vial de mayor jerarquía, que actúa como soporte de la movilidad y la accesibilidad a escala urbana. Esta malla conforma el sistema estructurante urbano de la movilidad y conecta el centro principal con los nodos urbanos y permite la localización de actividades económicas de mayor escala. Su perfil y escala de conexión están orientados a permitir la fluidez del tráfico vehicular (Secretaría Distrital De Ambiente, 2018, p. 18).

4.1.2.1.3. *Malla vial Zonal.* Es la red constituida por una serie vías de escala intermedia, que tiene como propósito garantizar la interconexión entre los diferentes sectores que constituyen el suelo urbano. A través de la malla vial zonal se prevé el acceso a dichos sectores desde la malla vial arterial (Secretaría Distrital De Ambiente, 2018, p. 19).

4.1.2.1.4. *Malla Vial Barrial.* Es la malla vial de menor escala y tiene como función permitir la movilidad al interior de la ciudad y se accede desde la malla vial arterial y zonal. Al interior de esta, se encuentran corredores barriales que permiten la conexión con la malla vial arterial y/o zonal, facilitando además la distribución del tránsito vehicular dentro de los barrios, urbanizaciones y en general dentro de las diferentes zonas de actividad, permitiendo la generación de mayor intensidad de usos y actividades que varían, de acuerdo a las condiciones particulares de cada zona (Secretaría Distrital De Ambiente, 2018, p. 18).

En cuanto al sector rural de la ciudad la Unión Temporal Planeando Cúcuta (2017) define:

Vías de conexión rural. Cumplen la función de interconectar todos los sectores del suelo rural entre sí y con los nodos que conforman la Estructura Socioeconómica de integración rural y suburbana.

Ejes Estructurantes (VUR-1): Permiten la integración de la cabecera del municipio con los Corregimientos que conforman el área rural (Secretaría Distrital De Ambiente, 2018, p. 19).

Ejes Conectores de Servicios Intrarurales (VUR-2): Permiten el intercambio de servicios en el área rural, partiendo de ejes estructurantes urbano-rurales También el POT incluye como parte del sistema de movilidad vial vías peatonales y ciclorutas (Secretaría Distrital De Ambiente, 2018, p. 20).

4.1.2.2. Estado de la Red Vial en Cúcuta. De acuerdo al diagnóstico realizado y formulado por la alcaldía en el acuerdo 010 del año 2012 se estableció que la ciudad presenta deterioro en la red vial básicamente por las siguientes causas:

- Edad de los pavimentos, que en muchos casos han alcanzado su vida útil, sin haber recibido tratamiento de rehabilitación.
- Daños generados a partir de intervenciones para reparación o instalación de redes de servicio.
- Insuficiencia o inexistencia de sistemas de drenaje de aguas de escorrentía.
- Deficiencias de diseño, de materiales o de construcción, que hacen aparecer fallas tempranas.
- Aplicación de cargas o volúmenes de tráfico mayores a los inicialmente esperados.

Respecto a las vías urbanas 1210 Km se encuentran pavimentadas y los 250 Km restantes están sin pavimentar. De los 1210 Km, 580 se encuentran en buen estado, 350 Km requieren ser rehabilitadas y 280 Km necesitan mantenimiento. Por lo anterior, y de acuerdo a las actividades de atención desarrolladas durante los últimos cuatro años, se puede definir que existe un déficit de atención del 79,9% (Gabinete Municipal, 2020).

Referente a la red vial terciaria, tan sólo 6 Km están pavimentados, 452 Km están en estado regular y 460 Km se encuentran en mal estado. Se estima que existe un déficit de atención del 81,2% de la red vial terciaria del municipio. (Concejo Municipal de San José de Cúcuta, 2019, p. 176).

La longitud y la estructura del estado de la malla vial anteriormente detallados, fueron tomados del plan estratégico de seguridad vial creado al inicio de la administración comprendida entre los periodos 2016 y 2019, por lo que en la actualidad el estado de las vías ha cambiado de manera

significativa en la ciudad, a consecuencia de la ejecución de diferentes obras en la infraestructura vial de la ciudad y su área metropolitana como lo muestra la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) y la secretaría de infraestructura.

Entre las obras más destacadas se encuentra “el proyecto de concesión vial Área Metropolitana de Cúcuta y Norte de Santander con una longitud total de 104.07 kilómetros, que actualmente se encuentran en operación y mantenimiento” (Presidencia de la República, 2019) así mismo otros proyectos de infraestructura vial detallados en el documento de “ proyectos en ejecución de infraestructura 2018” publicado en la página web de la alcaldía municipal de San José de Cúcuta, por lo que no existe una cuantificación actual de la malla vial exacta.

4.1.2.3. Tecnología

4.1.2.3.1. Iluminación. La ciudad de San José de Cúcuta a partir del 2018 inicio al cambio a lámparas luminarias tipo LED mediante Concesión Unión Temporal Diselecsa Ltda. – ISM S.A – Iluminaciones Especializadas del Norte de Santander, en las cuales se dispone del cambio 46.509 luminarias en toda la ciudad (Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017, p. 35).

Además, durante la vigencia del 2016 la ciudad celebró el contrato 2643 del 16 de diciembre del 2016, con el Consorcio Alumbrado Público SJC para la operación, administración, mantenimiento, modernización, reposición y expansión del sistema de alumbrado público en el municipio de San José De Cúcuta, departamento de Norte de Santander, el cual fue cumplido de forma oportuna, eficaz y eficiente; puesto que se instalaron 49.916 luminarias LED dos meses antes de lo establecido en el contrato, beneficiando en el ahorro de energía meses antes de lo pactado. Dichas luminarias fueron instaladas en reemplazo de luminarias de sodio como parte del proceso de reposición con lo que se obtuvo una disminución de 8.076 tons/CO₂ año; pasando de 13.262 Tons/CO₂ año que producían las 48.467 luminarias de SODIO desmontadas a 5.185

Tons/CO₂ año producida por las 49.916 luminarias LED que se había instalado a julio 31 del 2018. Aspecto que contribuyó al medio ambiente durante estos periodos (Contraloría municipal de San José de Cúcuta oficina de control fiscal, 2018, p. 8, 11, 12 y 13).

4.1.2.3.2. SemafORIZACIÓN. Durante el año 2019 se realizó la entrega formal de 22 Intersecciones semaforizadas modernizadas y la implementación de 2 nuevas intersecciones, las cuales quedaron en total funcionamiento según lo estipulado en el contrato de concesión 2465 de 2017 para la “Instalación del equipamiento y amueblamiento de la modernización de las 102 intersecciones y la construcción de 30 intersecciones viales nuevas de la red semaforizada en el municipio de San José de Cúcuta”. Estas intersecciones fueron equipadas con controladores de tráfico tipo Ecocity del proveedor ETRA, compatibles con el protocolo de comunicaciones para tráfico bajo norma Aenor, tipo M, tal cual en la actualidad se tiene en Madrid, España. (Concesión de servicios de tránsito y movilidad los suscritos, 2019, pág. 1 y 152).

4.1.2.3.3. Señalización vial. Con respecto a la señalización vial, en el 2019 el secretario de tránsito municipal de esta vigencia Rodolfo Torres Castellanos realizó la presentación de las actividades desarrolladas a la fecha por la Secretaría de Despacho plasmado en el Plan de Desarrollo 2016 – 2019; temas como señalización y demarcación, jornadas de capacitación vial y avance de la modernización de los semáforos en la ciudad establecidos en el Contrato N° 2465 del 6 de diciembre del 2017 del Consorcio Servicios de Tránsito y Movilidad de Cúcuta (Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta, 2019a).

4.1.2.4. Parque automotor de la ciudad de San José de Cúcuta. La ciudad de San José de Cúcuta presenta problemas de movilidad debido a su crecimiento y resulta ser costoso para la mayoría de su población, además, la falta de planeación en los procesos de expansión territorial,

carencia de alternativas eficientes y modernas de transporte colectivo se suma como causas a la problemática, agravando el sistema de transporte público (Aguilar et al., 2017).

Para hacer un acercamiento a la cantidad de vehículos en la ciudad la ANSV presenta las cifras del registro nacional automotor, donde San José de Cúcuta para el mes de marzo del 2019 contaba con la cantidad de vehículos, donde las motocicletas ocupan el primer lugar como se muestra en la tabla 16:

Tabla 16.
Parque automotor de la ciudad de San José de Cúcuta en el año 2019.

Vehículo	Cantidad	%
Motocicletas	30693	48.45%
Transporte individual (automóvil, camioneta)	29145	46.00%
Transporte de Pasajeros (bus, buseta, microbús)	2947	4.65%
Transporte de carga (Camión, tracto camión)	559	0.88%
Maquinaria Agrícola	5	0.01%
Maquinaria de construcción	6	0.01%
Total Parque Automotor	63355	100.00%

Fuente: Adaptación de (ANSV, 2019)

Por otra parte según ASOCDA (2019), para el año 2016, el parque automotor de la ciudad de San José de Cúcuta constaba de 120139 vehículos, de los cuales 56753 son motocicletas (p. 12); también, en el Plan de Desarrollo municipal muestra que en la actualidad hay un aproximado de 170 mil vehículos matriculados en Cúcuta y el Área Metropolitana, incluyendo los vehículos venezolanos registrados en el mes de octubre de 2019 (Gabinete Municipal, 2020, p. 313).

4.1.2.4.1. Servicio Público. De acuerdo a las cifras expuestas por la Agencia nacional de seguridad vial durante marzo del 2019 fueron estimados 2947 automotores bajo la modalidad de transporte de pasajeros (bus, buseta, microbús) (DANE, 2020), la cual en la actualidad puede variar debido al transporte informal que hay en la ciudad y las nuevas licencias que se hayan expedido.

Para complementar la información anterior se relaciona en la tabla 17 donde se observa el movimiento del transporte tradicional, el área metropolitana (Cúcuta, Los Patíos y Villa del Rosario), ciudad y nivel de servicio del IV trimestre 2018 – 2019 (Cifra provisional) con su respectiva variación anual general y por variable (DANE, 2020).

Tabla 17.

Movimiento del transporte tradicional según área metropolitana, ciudad y nivel de servicio - IV trimestre 2018 – 2019 (cifra provisional).

Área Metropolitana y Ciudad	Promedio mensual de vehículos afiliados			Promedio mensual de vehículos en servicio			Total pasajeros transportados (miles)		
	2018	2019 ^P	Variación %	2018	2019 ^P	Variación %	2018	2019 ^P	Variación %
Área Metropolitana de Cúcuta	1.769	1.769	0,0	1.439	1.475	2,5	19.848	20.752	4,6
Buses	90	123	36,8	79	102	28,6	1.214	1.598	31,6
Busetas	109	129	18,3	94	111	18,9	1.247	1.696	36,0

Fuente:(DANE, 2020).

4.1.2.5. Facilidad de adquisición de motocicletas. Las motocicletas son la forma más accesible de transporte personal, Aguilar et al., (2017) afirman que al elevar los ingresos y el poder adquisitivo de los estratos medios y bajos, más acceso al crédito, reducción de los precios de venta hay más oferta de motocicletas y en su mayoría son adquiridas por quienes devengan entre menos de uno a dos salarios mínimos legales vigentes (p. 557).

Otras de las influencias por las cuales los cucuteños prefieren la motocicleta como medio de transporte es al ser un vehículo práctico, muy eficiente ya que consume 5 veces menos combustible que un automóvil, es decir que las motos se compran más por sus bajos costos de adquisición y mantenimiento, y por las facilidades para conseguir y pagar un crédito (ANDI, 2019, p. 69; ANDI, 2017, p. 41). Además, Cúcuta por su condición de frontera ofrece combustible a precios más bajos en comparación al resto del país, siendo así que en el 2019 cerró el año con un precio de \$7.397 COP en el galón de gasolina (Aguilar et al., 2017, p. 560; Minenergía, 2019; Auteco, 2019).

La cantidad de motocicletas en Cúcuta ha crecido considerablemente debido a la depreciación del bolívar fuerte, por lo que resultaba muy económico adquirir una moto de la República Bolivariana, por las anteriores razones es que Cúcuta soporta un alto volumen de motos con placa colombianas y venezolanas (Aguilar et al., 2017, p. 565), convirtiéndose para sus habitantes en un bien de primera necesidad en su día a día, pues la mayoría son adquiridas para el transporte de los usuarios en un 76.9% , un 22.2% para aumentar sus ingresos y un 0.9% para viajar y pasear (ANDI, 2017).

4.1.3. Accidentalidad vial de la ciudad de San José de Cúcuta. Según las estadísticas de la Secretaría de Tránsito de Norte de Santander, “la región tiene una tasa de 24 por ciento de muertes en accidentes de tránsito, por cada 100 mil habitantes” (Secretaría Distrital De Ambiente, 2018, p. 33). Por otra parte, la ANSV indicó que la ciudad de San José de Cúcuta se ubica en el puesto décimo nivel nacional para el año 2019 en accidentes de tránsito de las ciudades colombianas. A partir de los datos suministrados por la ANSV.

Por otra parte, el INMLCF muestra las estadísticas de accidentalidad vial de la ciudad para lo cual se realizó una recopilación de datos que se muestran en la tabla 18.

Tabla 18.

Siniestros viales en la ciudad de San José de Cúcuta entre los años 2016 - 2018.

	2016	2017	2018	Total
Lesiones	734	577	596	1907
Muertes	84	76	88	248
Total	818	653	684	2155

Fuente: Adaptación de (INMLCF, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b).

El total de accidentes durante los tres años fue 2155 casos, donde se vieron afectados peatones, vehículos, conductores, pasajeros, infraestructura, entre otros actores viales, a causa de factores humanos, tecnológicos, climáticos, de infraestructura, generados por terceros y otros factores importantes a tener en cuenta para los diferentes análisis. Entre estos tres años el pico

más alto fue el 2016 con el 38% o 818 accidentes, Seguido de una pequeña disminución para los años 2017 y 2018 como se muestra en la figura 21.

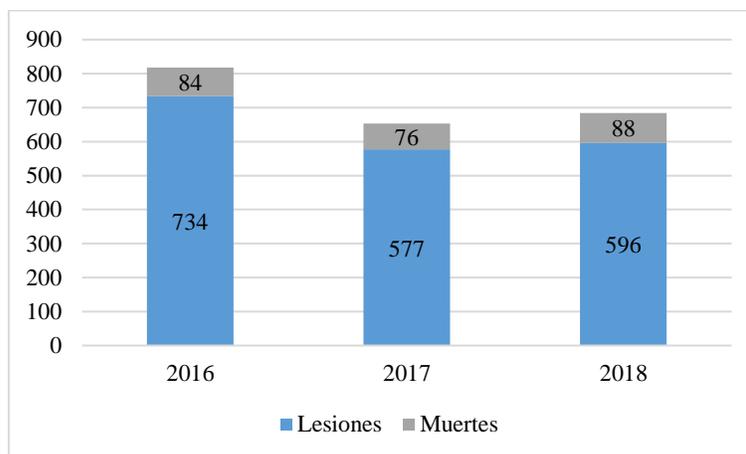


Figura 21. Siniestros viales en la ciudad de San José de Cúcuta entre los años 2016 - 2018.
Fuente: Adaptación de (INMLCF, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b).

4.1.3.1. Lesionados. Entre los años 2016, 2017 y 2018 se tienen en registro 1907 accidentes viales o el 88.5% del total donde solo hubieron lesionados según las cifras consultadas en INMLCF ver figura 21.

4.1.3.2. Mortalidad. A lo largo de los años 2016, 2017 y 2018 en la ciudad de San José de Cúcuta los accidentes viales registraron un total de 248 muertos o el 11.5% según las cifras consultadas en INMLCF (ver figura 21), de donde se denota que el pico más alto fue en el año del 2018 con 88 muertes.

4.1.3.3. Causas. De los registros se identifican algunos tipos de accidentes viales como choques, colisiones y atropellamientos, los cuales pueden ser con otros vehículos, peatones, animales, infraestructuras, y obstáculos que pueden estar situados en la vía y por múltiples causas o circunstancias que hacen que se presente el hecho, los cuales se agruparon como factores humanos, estado de la infraestructura vial, tecnológicos, climáticos y provocados por terceros; los cuales se detallan a continuación:

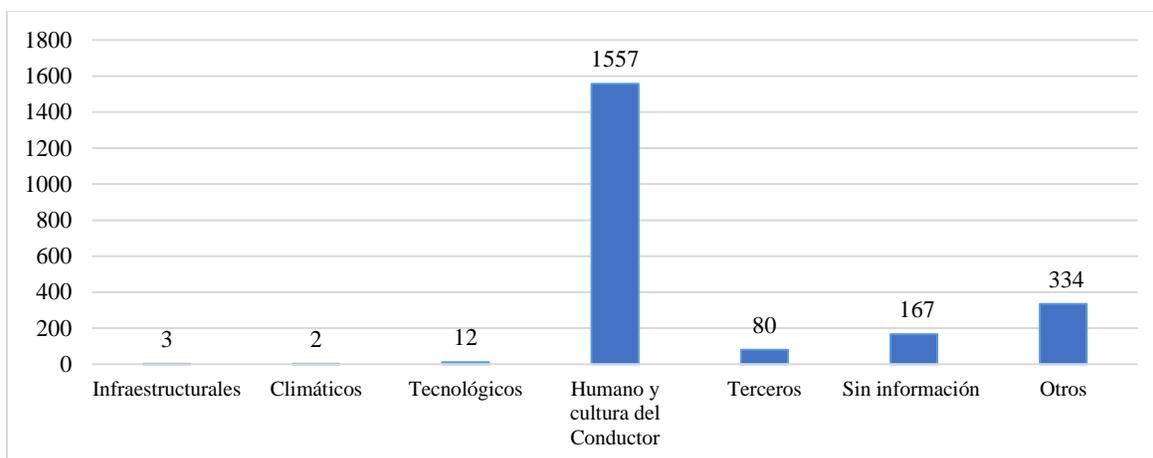


Figura 22. Factores de accidentalidad en la ciudad de San José de Cúcuta entre los años 2016 y 2018.

Fuente: Adaptación de (INMLCF, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b).

En la figura 22, se puede evidenciar que las principales causas son por errores humanos y cultura del conductor, pues estos ocupan un alto porcentaje de los accidentes registrados en la ciudad; se deben a circunstancias como desobedecer normas de tránsito, imprudencias, velocidad conducir en estado de embriagues o aquellos que reducen la capacidad a corto o largo plazo tales como el estrés, fatiga, distracciones, entre otros; también se encuentran otras variables como lo son el género, edad y experiencia de los conductores.

El 75% de los incidentes que involucran automóviles y motocicletas se debe a un error de percepción por parte del conductor; siendo así que, en el 60% de los incidentes de tránsito con motociclistas hubo por lo menos un automóvil implicado y éste fue el responsable en el 50% de los casos (ANDI, 2019, p. 54, 55). Como se muestra en la tabla 13, a nivel nacional la motocicleta se ve involucrada en accidentes viales, siendo en primer lugar vs automóviles como camionetas y camperos un porcentaje del 52.04% de las interacciones entre los años 2016 y 2018, seguido de motocicleta o motocarro vs motocicleta o motocarro con un 22.85%, en tercer lugar, están las interacciones vs Tracto-camión, camión-furgón y volqueta con un 7.09%; el restante hace referencia a las interacciones con otros vehículos, objetos fijos y accidentes por volcamientos, entre otros (INMLCF, 2017c, 2018d, 2019c).

Para ampliar la información anterior se realizó la matriz de colisiones, en la cual se detalla las interacciones de accidentes viales entre los diferentes vehículos y modalidades de transporte, donde se destacan las interacciones entre motociclistas y peatones u otros vehículos teniendo en cuenta sus pasajeros. Esta matriz se estableció con la información suministrada por la policía de tránsito a partir de las hipótesis de los accidentes de tránsito que se presentaron los años 2018 y 2019; además, esta matriz es importante para la creación de políticas y toma de decisiones para la búsqueda de disminución de accidentes viales.

Tabla 19.
Matriz de colisiones.

	¿Contra qué colisiona?									
	Bicicletas	Maq. Agrícola o industrial	Motocicleta	No aplica	Objeto Fijo	Otros	Sin información	Transporte de carga y pasajeros	Transporte individual	Total general
Usuario de Moto	20	0	355	24	99	141	8	0	75	722
Conductor	18		166		68	111	6		54	423
Pasajero	2		189	24	31	30	2		21	299
Peatón	3	0	14	0	70	130	55	65	151	488
Peatón	3		14		70	130	55	65	151	488
Usuario V. individual	2	0	26	10	0	0	0	0	150	188
Conductor	2		17		0				48	67
Pasajero			9	10					102	121
Usuario de Bicicleta	40	0	4	0	0	0	0	0	4	48
Conductor	40		4						4	48
Usuario T. Carga o pasajeros	0	0	0	0	0	0	0	19	0	19
Conductor								19		19
Pasajero										0
Usuario de Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conductor										0
Pasajero										0
Sin Información	21		197	1			43		15	277
No aplica			78							78
Total General	86	0	674	35	169	271	106	84	395	1820

4.1.4. Accidentalidad vial de motociclistas en la ciudad de San José de Cúcuta. De acuerdo a la información suministrada por la Seccional de Tránsito y Transporte Metropolitana de

Cúcuta, se reportaron 925 accidentes de tránsito de motociclistas entre los años 2018 y 2019, para un total de 871 accidentes que terminaron en lesiones de la víctima y 54 con víctimas fallecidas, siendo el 5,84% (ver figura 23). En el año 2019 se observó una disminución del 15,46% (143 víctimas) en comparación al año 2018.

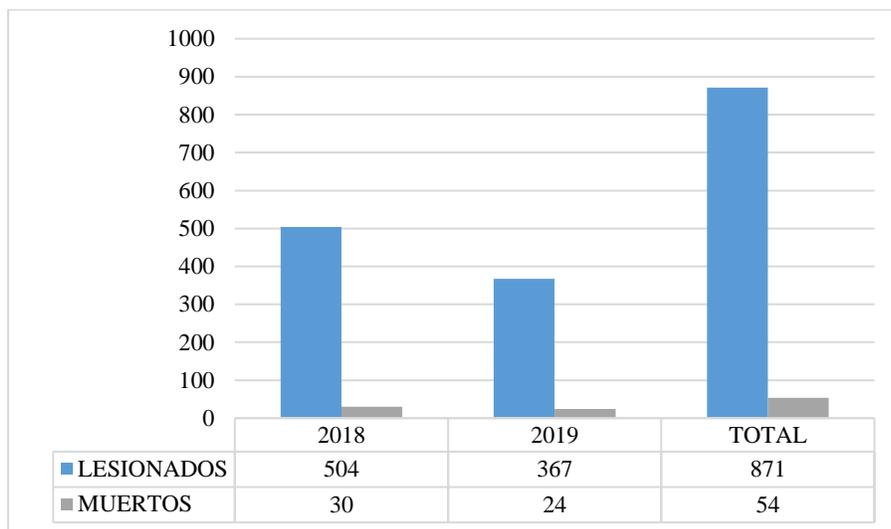


Figura 23. Motociclistas accidentados durante los años 2018 y 2019.

De los 925 accidentes, 307 de las víctimas eran mujeres y 618 hombres como se muestra en la Figura 24. En el caso de las mujeres 296 fueron lesionadas y 11 murieron en el momento del accidente, con respecto a los hombres 575 se lesionaron y 43 murieron durante el accidente (ver figura 24). Cabe resaltar que entre los dos géneros el que cuenta con mayor participación en accidentes viales de motociclistas, es el masculino, cuyo porcentaje es del 66,81 %, durante los años 2018 y 2019.

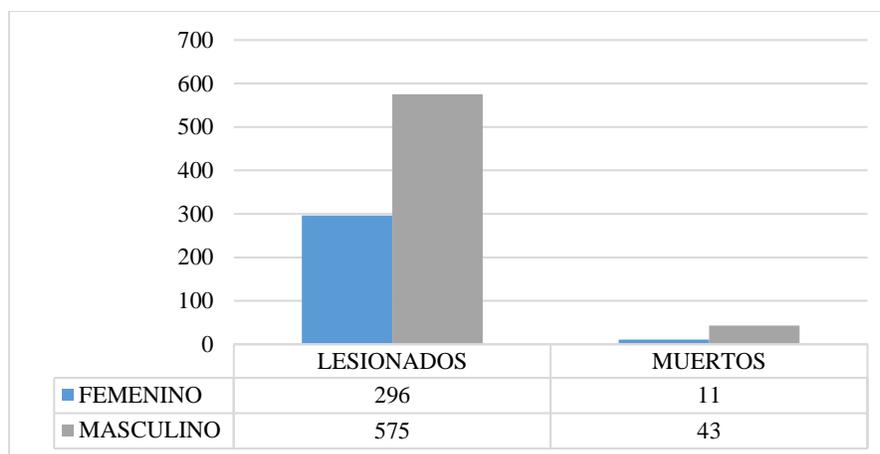


Figura 24. Clasificación de lesionados o muertos según género.

Entre el grupo de mujeres lesionadas (296 víctimas en total, durante los años 2018 y 2019) los rangos de edad que obtuvieron mayores cifras de accidentalidad fueron: las adultas jóvenes entre 21 a 30 años, las jóvenes de 11 a 20 y las adultas de 31 a 40 años con un total de 223 casos. En cuanto a los hombres lesionados (575 víctimas, durante los años 2018 y 2019) se observó el mismo comportamiento entre los rangos de edad anteriormente postulados con un total de 446 casos (ver tabla 20).

Tabla 20.

Edad y género de los motociclistas lesionados y muertos en accidentes viales durante los años 2018 y 2019.

Rango de edad	Lesionados		Muertos	
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino
0-10	7	14	1	0
11 a 20	58	70	1	3
21 a 30	107	244	3	16
31 a 40	58	132	4	14
41 a 50	37	60	0	5
51 a 60	22	32	0	2
61 a 70	2	15	1	2
71 a 80	3	4	1	1
81 a 90	2	3	0	0
91 a 100	0	0	0	0
Sin datos	0	1	0	0
Total	296	575	11	43

Nota: Niños: 0-9 años, jóvenes: 10-19, adultos jóvenes: 20-34 años, adultos: 35-60 años, adultos mayores: +60 años.

El rango de edad con mayor número de víctimas fallecidas en hombres fue en adultos jóvenes de 21 años a 30 años en primer lugar con 16 casos y en adultos de 31 a 40 años en segundo lugar con 14 casos. En mujeres el primer lugar fue para adultas de 31 a 40 años con 4 casos y en segundo lugar adultas jóvenes de 21 a 30 años con 3 casos de acuerdo a como lo establece la tabla 21.

Tabla 21.
Edad de los Motociclistas.

Rango de edad	Lesionados		Muertos	
	Cantidad	%	Cantidad	%
0-10	21	2,41	1	1,85
11 a 20	128	14,70	4	7,41
21 a 30	351	40,30	19	35,19
31 a 40	190	21,81	18	33,33
41 a 50	97	11,14	5	9,26
51 a 60	54	6,20	2	3,70
61 a 70	17	1,95	3	5,56
71 a 80	7	0,80	2	3,70
81 a 90	5	0,57	0	0,00
91 a 100	0	0,00	0	0,00
Sin datos	1	0,11	0	0,00
Total	871	100	54	100

Nota: Niños: 0-9 años, jóvenes: 10-19, adultos jóvenes:20-34 años, adultos: 35-60 años, adultos mayores: +60 años.

Además, se evidenció que el rango de edad con mayor porcentaje de letalidad (35,19%) y morbilidad (40,30%) en accidentes de motociclistas durante los años 2018 y 2019 es el de adultos jóvenes de 21 a 30 años como se muestra en la tabla 21.

Durante el año 2018, los meses que registraron mayor cantidad de lesionados por accidentes viales en motociclistas fueron mayo con 62 víctimas, febrero con 61 víctimas y junio con 61, en cuanto a los meses con mayor número de fallecidos fueron agosto con 5 víctimas, junio con 4 y octubre con 4 (ver figura 25). Para el año 2019 los meses que registraron mayor cantidad de lesionados por accidentes viales en motociclistas fueron enero con 42 víctimas y septiembre con

47, en cuanto a los meses con mayor número de fallecidos fueron mayo con 4 víctimas y noviembre con 6 (ver figura 25).

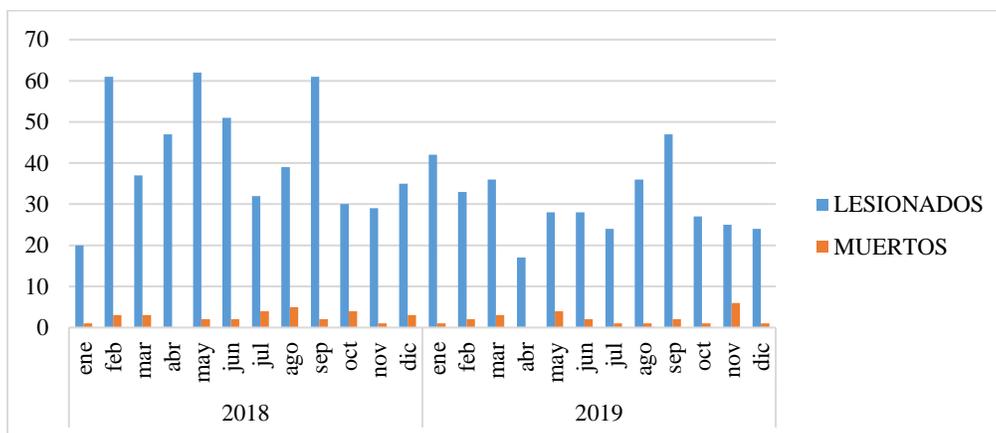


Figura 25. Motociclistas Lesionados y fallecidos por Mes durante los años 2018 y 2019

Con respecto a los días de la semana en que mayor número de víctimas se presentaron en modalidad de lesionados y fallecidos, de acuerdo a la tabla 22, durante el 2018 los días jueves presentaban el mayor número de lesionados, y el mayor número de fallecidos se presentaron los días domingo. En el 2019 aunque el número de lesionados disminuyó de forma significativa, los días lunes se presentaron mayor número de lesionados, en cuanto a los fallecidos, los días viernes, sábado y domingo (fin de semana).

Tabla 22.

Accidentes de motociclistas por día de la semana durante los años 2018 y 2019.

Año	Día de la semana	Lesionado	Muerto
2018	Dom	84	7
	Lun	52	6
	Mar	86	4
	Mié	64	4
	Jue	92	0
	Vie	63	3
	Sáb	63	6
2019	Dom	55	5
	Lun	70	4
	Mar	52	2
	Mié	40	2
	Jue	48	1
	Vie	67	5
Sáb	35	5	

Total	871	54
-------	-----	----

Los rangos de horas con mayor accidentalidad vial en motociclistas para el 2018 fue el de las 18:01 a 20:00 horas, con un registro de 78 casos y de 20:01 a 22:00 horas (ver figura 26). En el 2019 aunque disminuyeron las cifras de accidentes, el horario con mayor frecuencia de los mismos fue el de 20:01 a 22:00 con 66 (ver figura 26 y tabla 22).

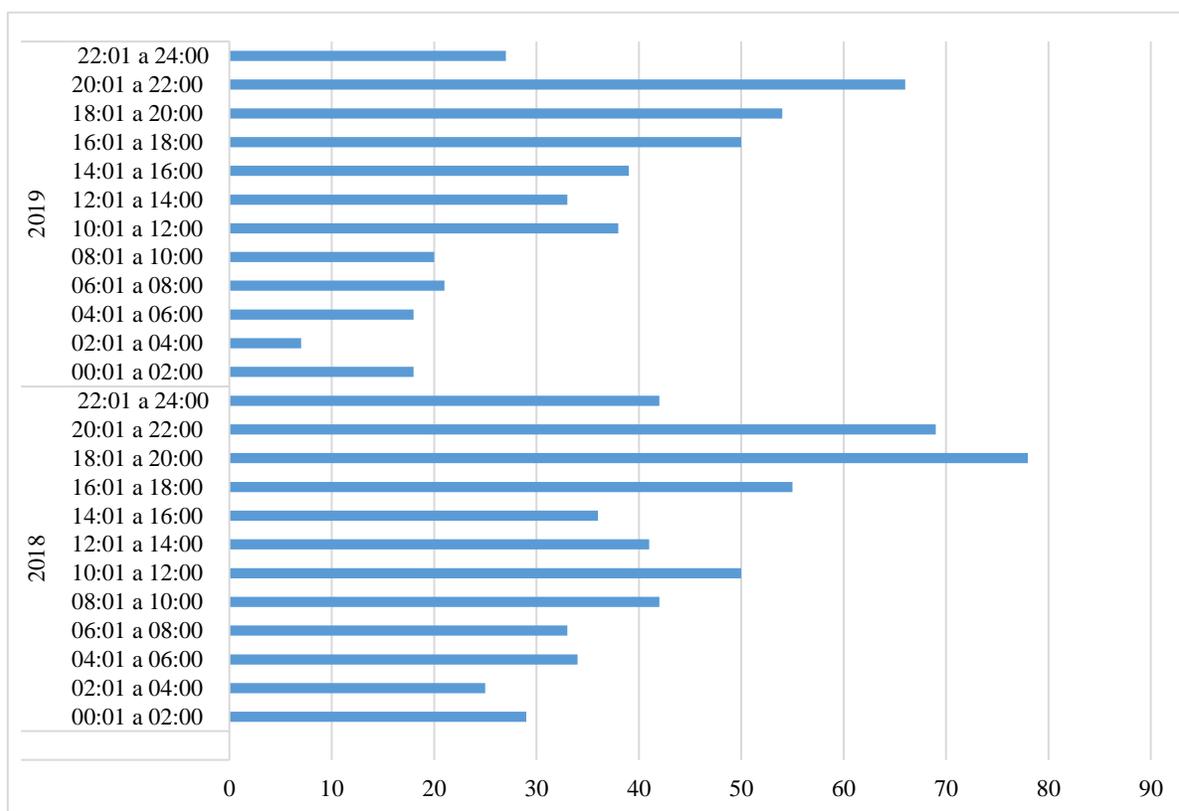


Figura 26. Accidentes en Donde Participaron Motociclistas por Hora durante los años 2018 y 2019.

La relación existente entre el día de ocurrencia del siniestro y la hora de ocurrencia se encuentra en la tabla 23, para el año 2018 el día con mayor número de lesionados por accidentalidad vial en motociclistas fue el día jueves entre los horarios 16:01 y 18:00 horas, para el año 2019 el día lunes entre las 20:01 y 22:00 horas. En cuanto a los fallecidos, durante el año 2018 los días con mayor registro de víctimas fatales fueron los días domingos entre las 14:01 y 16:00 horas, para el 2019

los días con mayor ocurrencia fueron los días viernes, sábados y domingos entre las horas 10:01 y 12:00 horas, 20:01 y 22:00 horas, y, 18:01 y 20:00 horas.

Tabla 23.

Accidentes en Donde Participaron Motociclistas según Hora y Día del accidente, registrados en el año 2018 y 2019.

Año	Hora	Lesionados								Muertos								Total General	
		D	L	M	M	J	V	S	Σ	D	L	M	M	J	V	S	Σ		
2018	00:01 a 02:00	5	3	6	5	4	1	5	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
	02:01 a 04:00	5	2	4	4	2	2		19	1	3	1	0	0	0	1		6	25
	04:01 a 06:00	8	3	5	3	7	4	3	33	0	0	0	0	0	0	1	1		34
	06:01 a 08:00	2	3	5	3	13	2	1	29	1	1	1	1	0	0	0	4		33
	08:01 a 10:00	5	4	6	5	7	10	3	40	0	0	0	0	0	2	0	2		42
	10:01 a 12:00	10	6	9	7	3	7	8	50	0	0	0	0	0	0	0	0		50
	12:01 a 14:00	7	7	6	4	5	5	6	40	0	0	0	0	0	0	1	1		41
	14:01 a 16:00	5	2	5	3	4	5	6	30	3	1	0	0	0	1	1	6		36
	16:01 a 18:00	10	5	3	6	18	5	6	53	0	0	1	1	0	0	0	2		55
	18:01 a 20:00	7	9	14	10	15	9	11	75	1	0	1	1	0	0	0	3		78
	20:01 a 22:00	9	5	16	9	11	3	12	65	1	1	0	1	0	0	1	4		69
	22:01 a 24:00	11	3	7	5	3	10	2	41	0	0	0	0	0	0	1	1		42
2019	00:01 a 02:00	2	5	0	2	1	3	4	17	0	1	0	0	0	0	0	1		18
	02:01 a 04:00	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	1	0	0	0	2		7
	04:01 a 06:00	2	0	6	3	0	5	0	16	0	0	1	0	0	0	1	2		18
	06:01 a 08:00	1	5	3	2	1	6	1	19	0	1	0	0	0	1	0	2		21
	08:01 a 10:00	2	4	2	2	3	5	1	19	0	1	0	0	0	0	0	1		20
	10:01 a 12:00	4	5	8	8	5	0	5	35	1	0	0	0	0	2	0	3		38
	12:01 a 14:00	6	5	4	5	3	4	4	31	1	1	0	0	0	0	0	2		33
	14:01 a 16:00	7	8	4	5	3	7	5	39	0	0	0	0	0	0	0	0		39
	16:01 a 18:00	7	13	4	3	7	10	5	49	0	0	0	0	0	1	0	1		50
	18:01 a 20:00	8	10	7	3	11	11	0	50	2	0	0	0	1	0	1	4		54
	20:01 a 22:00	10	9	8	3	8	15	9	62	1	0	0	0	0	0	3	4		66
	22:01 a 24:00	1	6	6	4	6	1	1	25	0	0	0	1	0	1	0	2		27
Total lesionados:871									Total muertos:54										

De los accidentes registrados durante el año 2018 la comuna con mayor número de accidentes en la ciudad de Cúcuta fue la comuna 1 con 110 casos; para el año 2019 también ocupó el primer puesto la Comuna 1 con 75 casos, es preciso destacar que, aunque bajó en cifras es la comuna con mayor tendencia en accidentalidad de motociclistas durante los últimos 2 años (ver figura 27).

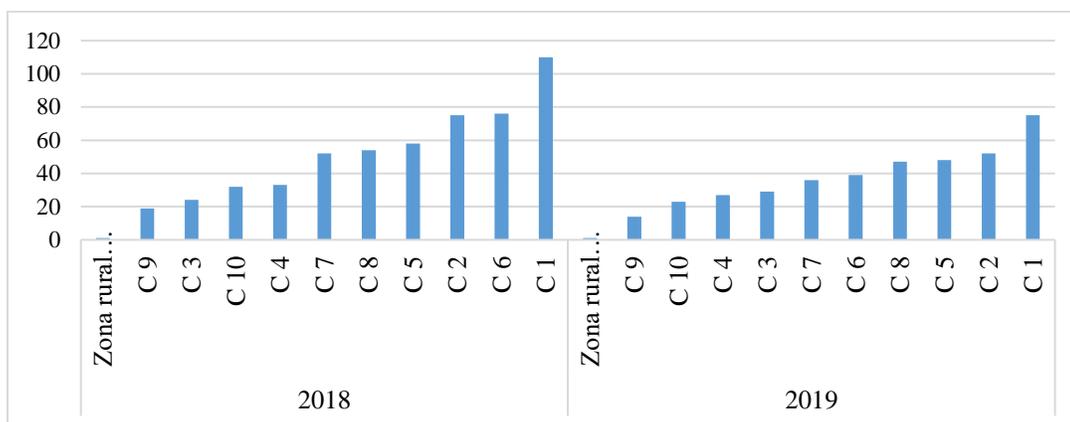


Figura 27. Accidentes donde participaron motociclistas durante los años 2018 y 2019, según la comuna.

En dicha comuna se presentaron 109 lesionados y 1 fallecido en accidentes viales de motociclistas durante el año 2018 y 72 lesionados y 3 fallecidos en el año 2019, es decir aumento su porcentaje de fatalidad en los últimos dos años (ver tabla 24).

Tabla 24.

Accidentes donde participaron motociclistas durante los años 2018 y 2019, según la comuna.

Año	Comuna	Lesionados	Muertos	Total
2018	C 1	109	1	110
	C 2	72	3	75
	C 3	22	2	24
	C 4	30	3	33
	C 5	57	1	58
	C 6	68	8	76
	C 7	49	3	52
	C 8	46	8	54
	C 9	19	0	19
	C 10	31	1	32
	Zona rural Cúcuta	1	0	1
2019	C 1	72	3	75
	C 2	48	4	52
	C 3	29	0	29
	C 4	26	1	27
	C 5	48	0	48
	C 6	35	4	39
	C 7	34	2	36
	C 8	40	7	47

C 9	12	2	14
C 10	23	0	23
Zona rural Cúcuta	0	1	1
Total	871	54	925

4.1.4.1. Causas. A partir de los datos suministrados por la Seccional de Tránsito y Transporte Metropolitana de Cúcuta, se realizó una clasificación de las causas de los siniestros viales de motociclistas, donde se encontraron tipos de siniestros por choques, colisiones y atropellamientos, que se llevaron a cabo con vehículos, peatones, animales, infraestructuras, y obstáculos que pueden estar situados en la vía y por múltiples causas o circunstancias que hacen que se presente el hecho, los cuales se agruparon como factores de infraestructura, climáticos, tecnológicos, humanos y cultura del motociclista y causados por terceros.

A continuación, se detallan las causas de accidentes y muertes en motociclistas durante los años 2018y 2019:

Tabla 25.

Causas de accidentes viales de motociclistas con heridos en la ciudad de Cúcuta entre los años 2018 y 2019.

Factores	Frecuencia
Infraestructura	9
Tecnológicos	4
Humanos y cultura del motociclista	630
Terceros	16
Sin identificar	52
Otros	160
Total	871

En cuanto a los siniestros viales de motociclistas en la Ciudad de San José de Cúcuta que causaron lesiones en los implicados se encontró que la mayor causa de ellos son los factores humanos, como se menciona en la teoría siendo que del total registrados entre los dos años son el 72% seguido de otros, de los cuales no están especificadas sus hipótesis con el 18%; seguidamente con un 6% están aquellos donde no se pudo identificar su causa o se desconoce, luego están los

accidentes provocados por terceros forma un 2% y en ultimas se encuentran los factores infraestructurales y tecnológicos con un 1% de las causas, como se muestra en la figura 28.

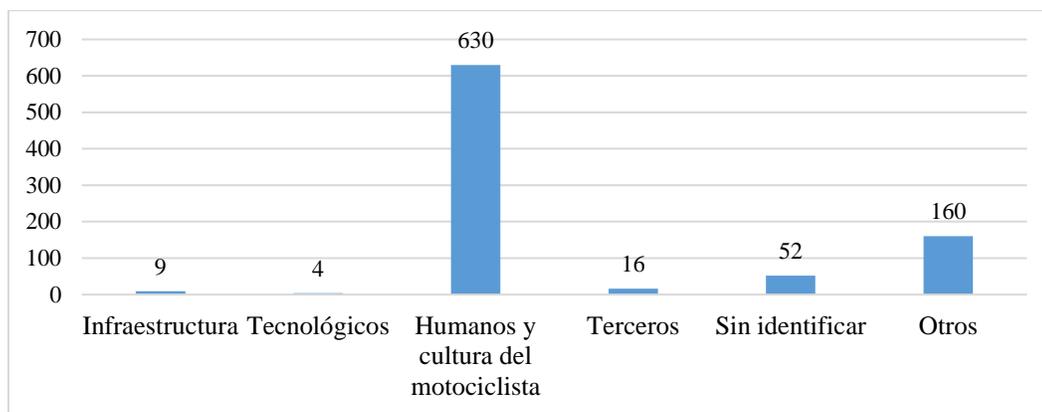


Figura 28. Causas de accidentes viales de motociclistas con heridos en la ciudad de Cúcuta entre los años 2018 y 2019.

En cuanto a los accidentes que llevaron a la muerte de sus implicados se encontró que durante los dos años murieron 54 personas como se muestra en la tabla 26:

Tabla 26.

Causas de accidentes viales de motociclistas con muertos en la ciudad de Cúcuta entre los años 2018 y 2019.

Factores	Frecuencia
Infraestructura	2
Humanos y cultura del motociclista	29
Terceros	1
Sin identificar	2
Otros	20
Total	54

En donde de la misma forma que en accidentes con muertes se encontró que la mayor causante son los factores humanos y cultura del motociclista con un 53%, seguido de otros con un 37%, un tercer lugar para los que no pudieron ser identificadas sus causas por la policía de tránsito con un 4%, y al igual con un 4% provocado por terceros; en esta modalidad de accidente no se encontró registro de accidentes a causa de factores tecnológicos (ver figura 29).

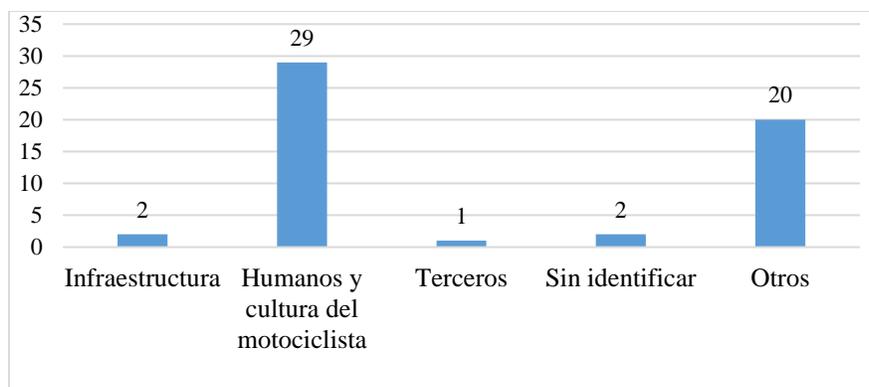


Figura 29. Causas de accidentes viales de motociclistas con muertos en la ciudad de Cúcuta entre los años 2018 y 2019.

4.1.4.1.1. **Factores infraestructurales.** Estos son a quienes se les atribuye ser la causa principal de un accidente de tránsito debido al mal estado de la vía, señalización o iluminación deficiente en el hecho del siniestro; de los cuales se encontró que para los siniestros viales que se presentaron entre los años 2018 y 2019 equivalen a un porcentaje muy pequeño como se muestra en la tabla 27.

Tabla 27.

Factores infraestructurales causantes de accidentes viales con lesiones en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.

Infraestructura	Frecuencia
Ausencia total o parcial de señales	1
Huecos	6
Superficie lisa	2
Total general	9

De los cuales la mayor parte de los accidentes son a causa de huecos en la vía, seguido de superficie lisa y ausencia total o parcial de señales de tránsito como se muestra en la figura 30.

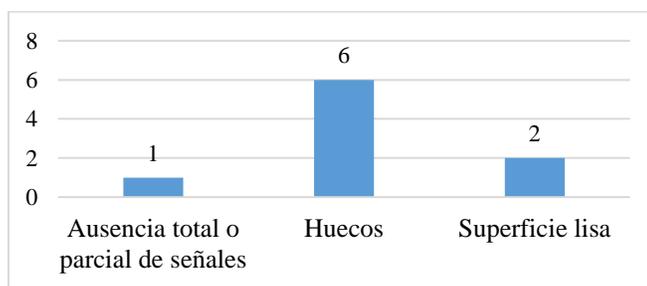


Figura 30 Factores infraestructurales causantes de accidentes viales con lesiones en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.

En cuanto a los accidentes con muertes a causa de factores infraestructurales se registraron 2 de los cuales 1 fue por superficie lisa y el otro por ausencia total o parcial de señales de tránsito entre los años 2018 y 2019.

4.1.4.1.2. Factores climáticos. Son los factores causantes de accidentes viales debido al estado del clima como lo puede ser lluvia, neblina que ponen la superficie de la vía lisa o dificultan la visibilidad del conductor. En este caso no se tienen datos por parte de los registros de la policía de tránsito de la ciudad; por otra parte, el INMLCF reporta 2 accidentes a causa de este factor como ya se mencionó anteriormente, sin embargo, es importante tener en cuenta este factor para el modelamiento del sistema.

4.1.4.1.3. Factores Tecnológicos. Estos son los factores cuya causalidad de accidentes viales es por una falla del vehículo o que presenta mal estado en alguno de sus componentes, para lo cual en la ciudad de San José de Cúcuta entre los años 2018 y 2019 fueron menos del 1% del total de los casos donde para accidentes se registran 4 en total como se muestra en la tabla 28.

Tabla 28. *Factores tecnológicos causantes de accidentes viales con lesiones en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.*

Factores tecnológicos	interacciones
fallas en las llantas	1
fallas en los frenos	3
Total general	4

De donde se encontró que la principal es por fallas en los frenos debido a la falta de mantenimiento de la motocicleta o acciones preventivas, como se muestra en la figura 31.

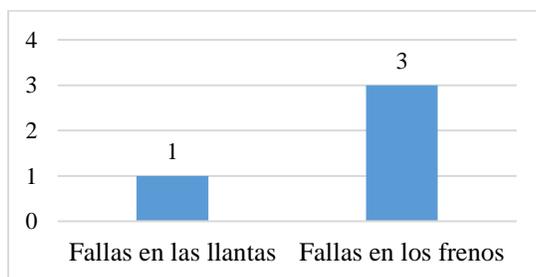


Figura 31. Factores tecnológicos causantes de accidentes viales con lesiones en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.

En el caso de los factores tecnológicos que causaron muertes se encontró un (1) registro entre la información consultada.

4.1.4.1.4. *Factores humanos y cultura del motociclista.* Como se dijo anteriormente estos son la mayor causa de accidentes viales, los cuales comprenden fatiga, distracciones, imprudencias, conducir en exceso de velocidad o bajo los efectos del alcohol, desobedecer normas de tránsito, entre otras. De las cuales hubo 659 accidentes o el 71.2% del total de los accidentes en motocicleta, donde se encontró que para los siniestros viales en los cuales solo hubo heridos con lesiones fue de 630 afectados como se muestra en la tabla 29.

Tabla 29.

Factores humanos y cultura del motociclista causantes de accidentes viales en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.

Factor Humano y cultura del motociclista	Frecuencia
Habilidad	91
Distracción o falta concentración	12
Embriaguez	73
Exceso de velocidad	10
Desobedecer señales de tránsito	250
Imprudencias	194
Total	630

Para este factor se evidencia que la mayor incidencia en los registros de la policía de tránsito es por desobedecer las normas y señales de tránsito por parte de los conductores con un 40%, seguido por imprudencias con un 31%, en seguida con un 14% habilidad y con un 11% conducir en estado de embriaguez; por último, el exceso de velocidad y las distracciones o falta de concentración con un 2% cada una como se muestra en la figura 32.

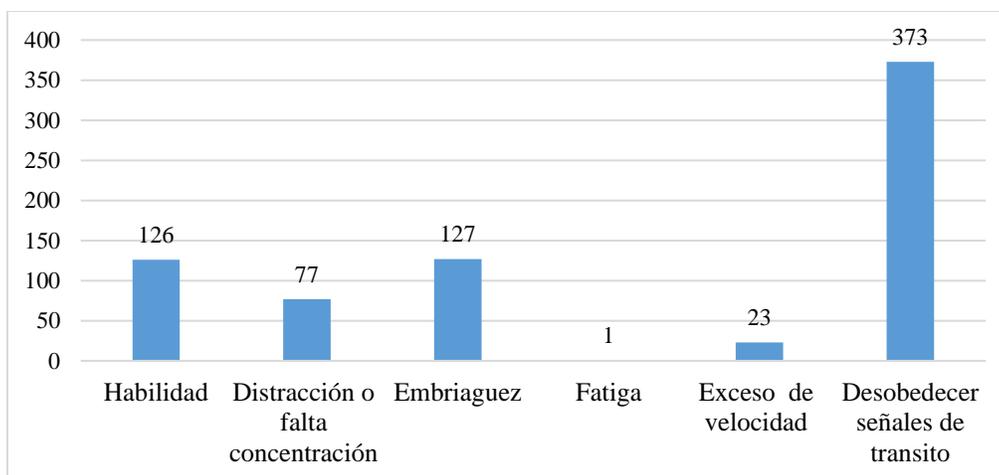


Figura 32. Factores humanos y cultura del motociclista causantes de accidentes viales en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.

En cuanto a los siniestros viales en motocicleta donde hubo muertos se cuantifican 29 accidentes entre los años 2018 y 2019 como se muestra en la tabla 30.

Tabla 30.

Factores humanos y cultura del motociclista causantes de muertes en accidentes viales en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.

Factor Humano y cultura del motociclista	Frecuencia
Habilidad	8
Embriaguez	6
Exceso de velocidad	6
Desobedecer señales de tránsito	4
Imprudencias	5
Total	29

En este caso se encontró que el mayor factor causante de muertes en accidentes viales son por hacer movimientos bruscos o no estar atento a adelantar, los cuales se le atribuyen al factor habilidad con un 28% se ubican de primeros en el factor humano, seguidos de embriaguez y exceso de velocidad con un 21% cada uno, luego están las imprudencias que cometen los conductores como lo son ir en contra vía, no mantener distancia de seguridad, adelantar en zona indebida, entre otras que acumulan un 17% seguido de conducir en estado de embriaguez, y finalmente con un 13% está desobedecer señales de tránsito, tal como se detalla en la siguiente figura 33.

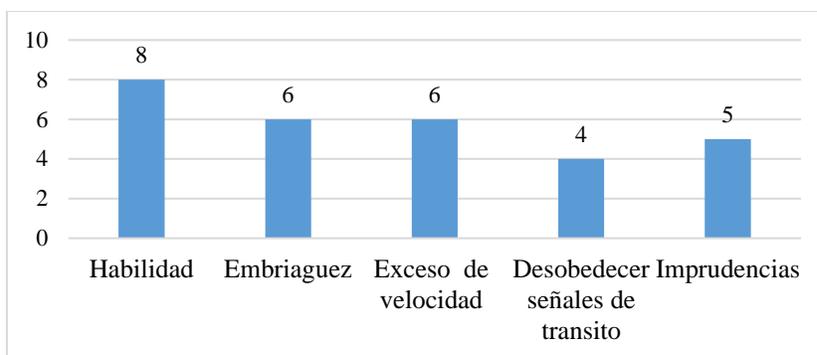


Figura 33. Factores humanos y cultura del motociclista causantes de muertes en accidentes viales en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.

4.1.4.1.5. **Causados por terceros.** Estos son los accidentes cuyo causante pudo ser otro vehículo, peatones, ciclistas, animales u otros objetos; en este caso se encontró que son menos del 1% del total de accidentes o 17 afectados en los siniestros viales; entre los accidentes donde solo hubo personas lesionadas fue un total de 16 como se muestra en la tabla 31:

Tabla 31.

Terceros causantes de accidentes viales con lesiones en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.

Terceros	Frecuencia
Cruzar sin observar	12
Dejar o recoger pasajeros en sitios no demarcados.	1
Falta de señales en vehículo varado	1
Pararse sobre la calzada	1
Vehículo en mal estacionado	1
Total general	16

Para este factor se encontró que la mayor causal es por parte de terceros que cruzan sin observar con un 75%, seguido de otros los cuales se detallan en la figura 34.

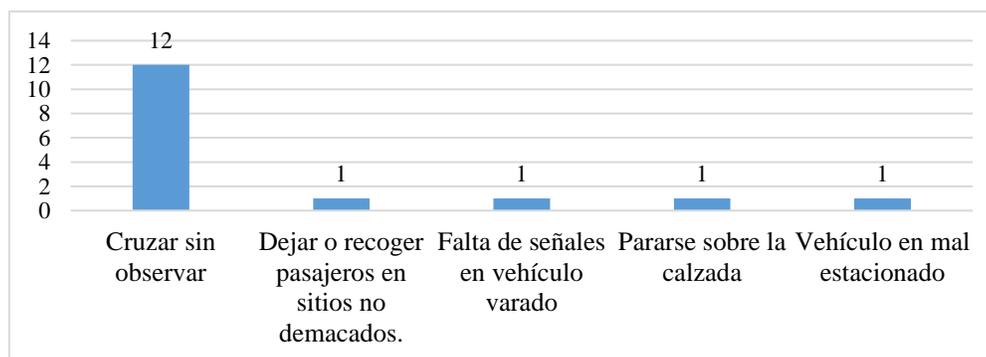


Figura 34. Terceros causantes de accidentes viales en la ciudad de Cúcuta 2018 y 2019.

Por otra parte, para los siniestros viales que terminaron con la muerte solo se tiene registrado 1 accidente fatal por cruzar sin observar.

4.1.4.2 **Diagnostico de causas.** Para complementar el análisis de la clasificación anterior de las causas que generan mayor cantidad de efectos en la accidentalidad vial de motos en la ciudad se realizó un diagrama de Pareto y de cusas y efectos de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados.

Como lo dice la técnica, el 20% de las causas son el 80% de los efectos, en este caso en la accidentalidad vial de motocicletas en la ciudad el comportamiento es muy similar ya que la causas de Factores humanos y cultura del motociclista generan el 71.24% de los accidentes viales (ver figura 35), las cuales son dadas por la habilidad del conductor, distracción o falta concentración del conductor, manejar en estado de embriaguez, con exceso de velocidad, desobedecer señales de tránsito e imprudencias, lo cual resalta la falta de responsabilidad de los usuarios de motos de la ciudad a la hora de conducir, lo cual dificulta el alcance de las medidas de seguridad vial que se implementen en la ciudad.

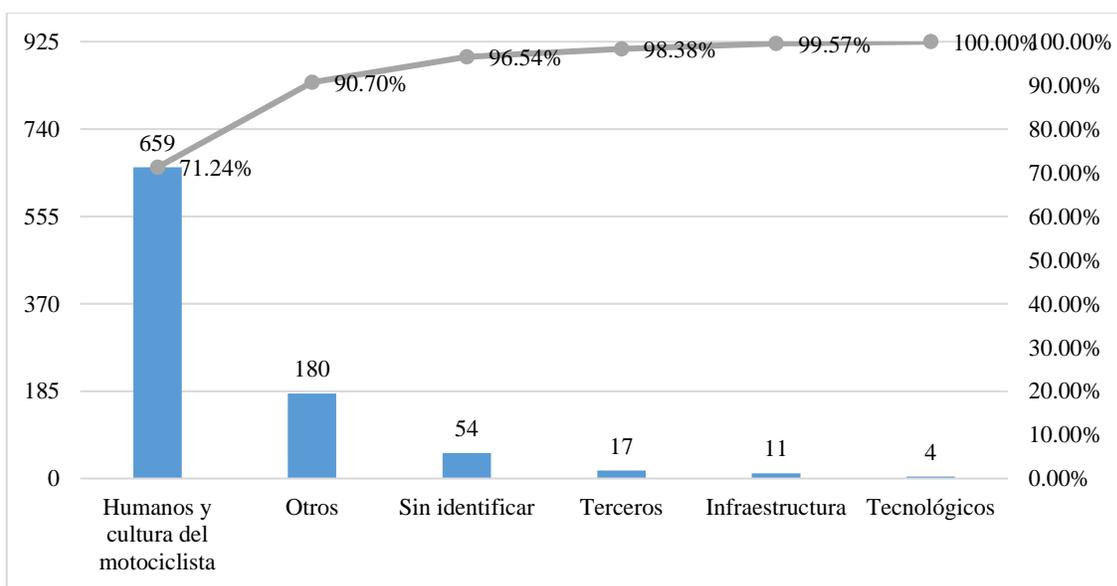


Figura 35. Gráfico de Pareto Causas de accidentes de motociclistas

Para estudiar la relación entre las causas principales de la accidentalidad de motociclistas con el efecto principal de las mismas (accidentalidad vial de motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta) se realizó un diagrama de causa y efecto (ver figura 36), donde se puede apreciar que se agruparon en 6 causas principales: infraestructura, económicos, movilidad, culturales, climáticos y vehículos-actores, de la cuales se determinaron las subcausas que influyen en cada causa principal, esto con el fin de interpretar el papel que desempeñan dentro del sistema en el momento que ocurre el accidente.

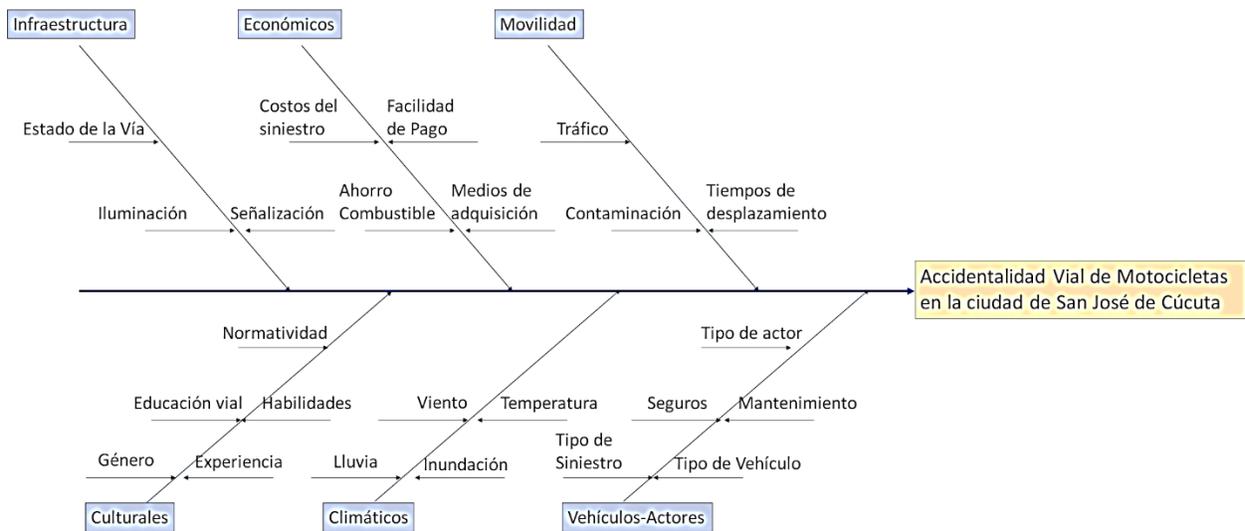


Figura 36. Diagrama Causa - Efecto de las causas de accidentes de motociclistas

4.1.5. Logística atención de accidentes. En la ciudad la policía de tránsito y transporte se rige por medio del Código Nacional de Tránsito y Transporte y de la Resolución 0011268 del 2012 para la atención de accidentes de tránsito. Los encargados de dar las primeras atenciones en los accidentes viales en la ciudad son los oficiales de la policía de tránsito de Cúcuta, quienes brindan apoyo, toman registro y dan seguimiento del mismo cada vez que un accidente vial ocurre (Bastidas & Quintero, 2012).

El procedimiento que siguen los oficiales de tránsito empieza desde que se notifica o se hace el reporte al servicio de emergencias acerca del suceso, luego también se realiza la asistencia al lugar

de los hechos basados en la cercanía al sitio, el tipo de accidente o en su defecto, y la gestión luego del suceso, para esto el oficial debe:

1. Realizar acciones ágiles y precisas que permitan salvar vidas, evitar mayores daños sobre las personas, los bienes y normalizar el tránsito, Informar sobre la magnitud del accidente para así precisar qué implementos o ayudas se requieren para atender el caso (bomberos, médicos, ambulancia, grúa).

2. Tener en cuenta aspectos que contribuyan a superar la situación: a medida que se acerque al sitio del suceso, el oficial debe tener una visión de conjunto para determinar la magnitud y gravedad del accidente, cuando llega al sitio, debe iniciar de inmediato el reconocimiento de las personas que intervienen en el caso, la zona, los elementos materiales y demás factores que con base en su experticia considere incidieron de manera directa en la comisión del hecho.

3. Tomar medidas de seguridad vial del caso, como lo son cerramientos, aislamientos, desvíos o paso a un carril, señalar el lugar del accidente utilizando elementos reflectivos. Si es de noche, coloque mecheros, entre otros.

4. Si existe peligro de incendio, debe evacuar a las personas que se encuentran en el lugar y ubicarlas en un lugar seguro.

5. En seguida se debe indagar por la presencia de un médico o de personas que posean conocimiento sobre primeros auxilios. El oficial debe dar prioridad y que se atienda primero a los que se encuentran inconscientes o aparentemente no presenten señales de vida, continuar con los que sangren, presenten quemaduras o tengan fracturas.

6. Una rápida evaluación de los heridos permite determinar cuáles requieren traslado inmediato a un centro de asistencia médica, para ello debe hacer uso de los medios de comunicación disponibles para solicitar la ayuda necesaria; si no los tiene, ordene su traslado en vehículos

(públicos y/o particulares) que circulen o se encuentren en el sitio, siempre y cuando las condiciones de salud de las víctimas así lo permitan, procurando que algún interesado o uno de sus compañeros lo acompañe.

7. Si hay personas fallecidas, evitar su manipulación, la de sus documentos y sus pertenencias; si en el lugar se encuentran testigos o familiares, deberá individualizar o identificar a la víctima a través de la información que ellos puedan aportar.

8. Continuo debe proceder a identificar los conductores involucrados y solicitar su documento de identidad, licencia de tránsito, licencia de conducción, Seguro Obligatorio de Tránsito (SOAT) y Certificado de Revisión Técnico-Mecánica y de Gases. Igualmente, establecer las identidades de los afectados en el hecho para el registro en el Informe Policial de Accidente de Tránsito (IPAT). En lo posible evitar la manipulación de documentos y pertenencias de las personas involucradas en el accidente.

9. Organizar las actividades a ejecutar de tal forma que cada una de las personas asignadas para el conocimiento del caso se desempeñen las funciones coordinadamente, de acuerdo con las circunstancias, sin afectar el lugar de los hechos y la toma de evidencias materia de prueba.

10. Si existen testigos del hecho, evitar que estos se retiren, se deben separar e impedir la comunicación entre ellos. Adicionalmente, tomar nota de los datos de identificación de cada testigo.

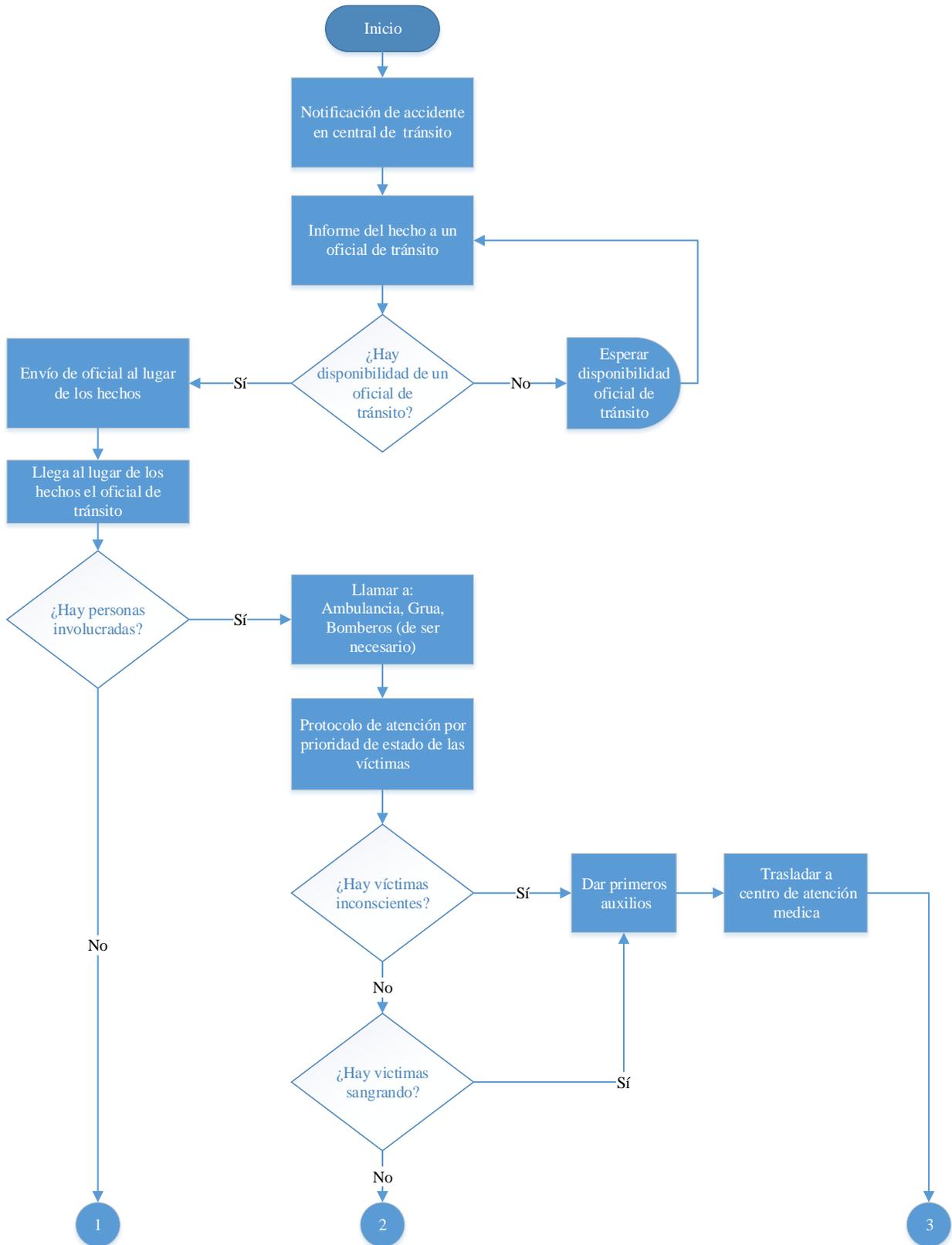
11. Se debe tener en cuenta que en el lugar de los hechos usted debe colaborar con las partes sin entrar a crear juicios de valor, deberá estar atento/a y en tono conciliador para que las partes brinden la información necesaria para el diligenciamiento del IPAT.

12. En seguida debe proceder diligenciar de manera técnica, veraz, clara, completa y efectiva, el IPAT; el cual servirá para alimentar el Registro Nacional de Accidentes de Tránsito y realizar

el posterior análisis de estadísticas que permitan tomar acciones preventivas por parte de las autoridades de tránsito competentes y el Gobierno Nacional en la prevención y/o disminución de la ocurrencia o consecuencias de los accidentes de tránsito. También puede hacer parte de un proceso judicial para determinar la responsabilidad de carácter civil o penal, por lo cual es muy importante que sea diligenciado de la manera más completa, con letra legible, sin tachones ni enmendaduras, siempre ajustándose a la realidad de los hechos.

13. Reanudar el tránsito lo más pronto posible, aunque sea en forma parcial teniendo en cuenta los procedimientos descritos en el Manual de Cadena de Custodia para el ingreso y aseguramiento del lugar de los hechos.

14. Por último Informar a los interesados sobre los trámites que deben efectuar una vez concluya el conocimiento del accidente y devuelva los documentos comprobando su legítima propiedad conforme a lo establecido en la Ley 769 de 2002.



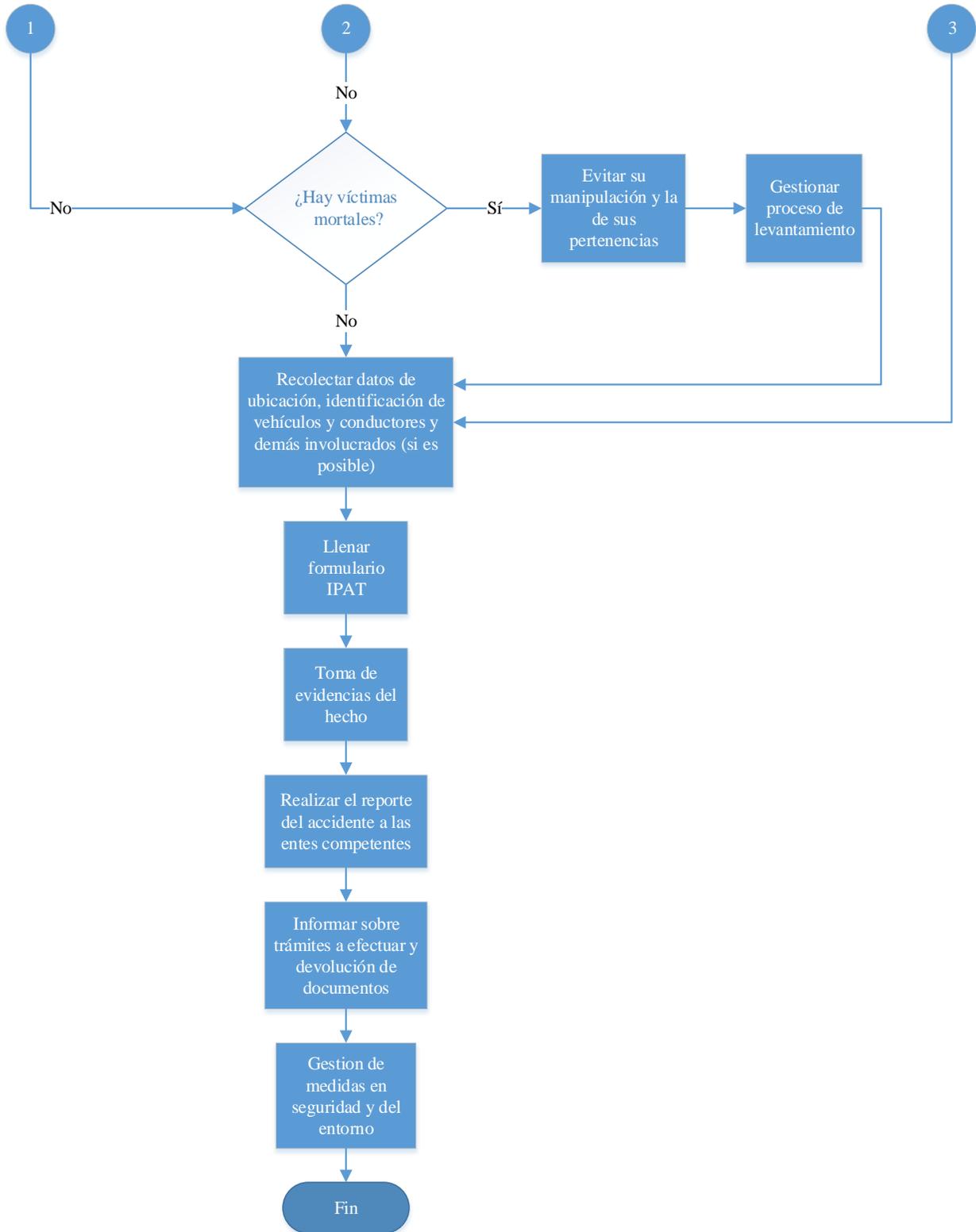


Figura 37. Diagrama de Flujo de la logística de atención de accidentes viales.

El diagrama de flujo también se puede visualizar en el documento Anexo 3.

Por otra parte, en el Plan Estratégico de Seguridad Vial (PESV) de la ciudad de Cúcuta se denota Matriz de Haddon como una metodología, en la cual se representa un sistema dinámico y cada una de sus celdas puede entenderse como un área con posibilidades específicas de intervención para reducir las consecuencias derivadas de los accidentes de tránsito (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018). En la matriz de Haddon se encuentran fases, factores, actores, medios y equipos para la gestión de accidentes, como se muestra en la tabla 32.

Tabla 32.
Matriz Haddon.

Fases		Factores		
		Ser Humano	Vehículo y equipamiento	Vías y entorno
Antes del accidente	Prevención de accidentes	Información Capacitación Normativa Fiscalización y control Control de salud preventivo permanente	Estado técnico (mantención permanente) Luces Frenos Maniobrabilidad Control de velocidad	Diseño y trazado de la vía pública Limitación de la velocidad Vías peatonales
En el accidente	Prevención de traumatismo durante el accidente	Utilización de dispositivos de retención Discapacidad Primeros auxilios	Dispositivo de retención de los ocupantes Otros dispositivos de seguridad Diseño protector contra accidentes	Objetos protectores contra choques y colisiones
Después del accidente	Conservación de la vida	Acceso a atención médica	Facilidad de acceso Riesgo de incendio	Servicios de socorro Congestión Diseño Vial

Fuente: Adaptación de (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018).

Por todo lo anterior, el presente manual de diligenciamiento del Informe Policial de Accidentes de Tránsito (IPAT) que se adopta, se establece como una guía del procedimiento a seguir para la atención de los accidentes de tránsito y en una herramienta útil e indispensable para aquellas personas que asumen la responsabilidad de levantar y registrar la información sobre los accidentes de tránsito en cualquier parte del territorio nacional, además de ser consulta obligatoria para todas las autoridades de tránsito en el país.

En el Código Nacional de Tránsito Terrestre DAÑOS MATERIALES. En caso de daños materiales en los que sólo resulten afectados vehículos, inmuebles, cosas o animales y no se produzcan lesiones personales, será obligación de los conductores detenerse y presentar a la autoridad presente en el lugar de los hechos, el documento de identificación, la licencia de conducción, la licencia de tránsito, la información sobre su domicilio, residencia y números telefónicos y sobre los seguros a que se refiere esta ley.

Los conductores y demás implicados podrán conciliar sus intereses en los centros de conciliación legalmente constituidos y acudir a las compañías aseguradoras, previa extensión de un acta que suscribirán las partes y la autoridad de tránsito que presencie la conciliación, la cual tiene la calidad de cosa juzgada, y prestará mérito ejecutivo.

En todo caso, se hará el retiro inmediato de los vehículos colisionados y de todo elemento que pueda interrumpir el tránsito.

ARTÍCULO 144. INFORME POLICIAL. En los casos en que no fuere posible la conciliación entre los conductores, el agente de tránsito que conozca el hecho levantará un informe descriptivo de sus pormenores, con copia inmediata a los conductores, quienes deberán suscribirlas, y si éstos se negaren a hacerlo bastará la firma de un testigo mayor de edad. El informe contendrá por lo menos:

Lugar, fecha y hora en que ocurrió el hecho.

Clase de vehículo, número de la placa y demás características.

Nombre del conductor o conductores, documento de identidad, número de la licencia o licencias de conducción, lugar y fecha de expedición, dirección, teléfono, domicilio o residencia de los involucrados.

Nombre del propietario o tenedor del vehículo o de los propietarios o tenedores de los vehículos.

Nombre, documento de identidad y dirección de los testigos.

Estado de seguridad, en general, del vehículo o de los vehículos, de los frenos, de la dirección, de las luces, bocinas y llantas.

Estado de la vía, huella de frenada, grado de visibilidad, colocación de los vehículos y distancia, entre otros, la cual constará en el croquis levantado.

Descripción de los daños y lesiones.

Relación de los medios de prueba aportados por las partes.

Descripción de las compañías de seguros y números de las pólizas de los seguros obligatorios exigidos por este código.

4.1.6. Seguridad vial para motocicletas. La Secretaría de Tránsito y Transporte es la principal dependencia responsable en seguridad vial, de su estructura administrativa y que permitan encaminar de forma adecuada los análisis de información y toma de las medidas correspondientes que busquen la mitigación de los problemas asociados a una movilidad insegura en la ciudad con el cumplimiento de la normatividad vigente, además presta a los ciudadanos los servicios de trámites como lo son matrículas de vehículos, licencias, entre otros.(Secretaría Distrital De Ambiente, 2018, p. 43, 55); las funciones y objetivos que cumplen se muestran a continuación:

Garantizar que el Plan Municipal de Seguridad Vial presentado cumpla con los lineamientos de la Plan Nacional de Seguridad Vial y las políticas nacionales sobre seguridad vial.

Formular medidas que propendan al cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional de Seguridad Vial

Identificar problemas de seguridad en la infraestructura existente.

Optimizar los estándares de seguridad de los proyectos de infraestructura.

Identificar problemas de seguridad en la infraestructura existente.

Optimizar los estándares de seguridad de los proyectos de infraestructura. (p. 70, 75)

También se encuentra la policía Nacional de tránsito, la cual dispone de los oficiales de tránsito mediante convenio con la secretaria de tránsito y transporte, que a su vez cumplen funciones similares y entre otras como lo son:

Fortalecer la fiscalización y el control del cumplimiento de las normas de tránsito y transporte. Disponer mayores recursos humanos y tecnológicos para realizar la labor de control, considerando la problemática actual en seguridad vial

Estudiar el comportamiento de la ciudadanía frente a los dispositivos de seguridad y condiciones de las vías e interpretar posibles causas, del alto índice de muertes en el tránsito

Regular de acuerdo a altos estándares: las dimensiones, resistencia y características técnicas que deben tener los Elementos de protección personal en seguridad vial.

Prevenir los accidentes de tránsito mostrando las consecuencias de los excesos de velocidad de tránsito.

Definir procedimientos de atención inmediata en un siniestro de tránsito para proteger la vida e integridad física de las víctimas.

Instaurar protocolos de atención para la intervención de las diversas entidades que concurren una vez que se ha producido un siniestro de tránsito. (p. 70, 75)

Adicionalmente está el Comité de seguridad vial, el cual trabaja muy de la mano con la policía Nacional de tránsito y la secretaria de tránsito y transporte, el cual, busca dar cumplimiento a los

fines y propósitos establecidos en el Plan Estratégico de Seguridad Vial del Municipio de Cúcuta (p. 70, 75); el cual realiza las siguientes funciones:

Estudiar el comportamiento de la ciudadanía frente a los dispositivos de seguridad y condiciones de las vías e interpretar posibles causas, del alto índice de muertes en el tránsito

Informar y concientizar sobre el tipo de problema de seguridad vial que se quiere abordar, prevenir y corregir.

Regular el estándar de los elementos de seguridad activa y pasiva que deberán tener los vehículos automotores.

Incentivar en la verificación de sistemas de seguridad activa y pasiva.

Definir procedimientos de verificación para mantenimientos preventivos y protocolos de alistamiento de los vehículos automotores para su operación.

Establecer el proceso de auditorías en las diferentes empresas a u organizaciones para el cumplimiento de los mantenimientos preventivos y protocolos de alistamiento.

Conservación y acondicionamiento de la infraestructura existente.

Revisión de la normativa de infraestructura vial.

Definir procedimientos de atención inmediata en un siniestro de tránsito para proteger la vida e integridad física de las víctimas.

Instaurar protocolos de atención para la intervención de las diversas entidades

4.1.6.1. Campañas de seguridad vial. Con respecto a programas y acciones en pro de la seguridad vial de la ciudad de San José de Cúcuta, en el Plan Estratégico de Seguridad Vial del Municipio San José de Cúcuta del periodo 2016-2020 plantearon crear programas cuyos objetivos fueron definidos "...a partir de la identificación de los riesgos y ordenados según las líneas de acción desarrolladas del Plan Nacional de Seguridad Vial establecidos bajo normatividad en la

Resolución 1565 de 2014 como Guía Metodológica para el diseño de los mismos y en la Metodología para la elaboración de Planes Municipales” detallados en la tabla 33 (Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta, 2019b, p. 52). Cabe resaltar que en la línea estrategias sobre el comportamiento humano se estipuló como 4 actividad campañas de comunicación, entre otras medidas de sensibilización en seguridad vial.

Tabla 33.

Cuadro de acciones y medidas del plan estratégico de seguridad vial del municipio de San José de Cúcuta.

Líneas de acción	Acciones y medidas
Aspectos institucionales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Organización con la secretaría de tránsito. 2. Creación del comité del comité de seguridad vial. 3. Vigilancia y control.
Estrategias sobre el comportamiento humano	<ol style="list-style-type: none"> 1. Investigación en el comportamiento del ciudadano en seguridad vial. 2. Seguridad y capacitación a los conductores. 3. Regulación de las horas de conducción y descanso. 4. Campañas de comunicación. 5. Educación vial. 6. Regulación en uso de casco y el cinturón de seguridad en conductores. 7. Regulación de la velocidad.
Estrategias sobre los vehículos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión técnico mecánica de los vehículos automotores. 2. Sistemas de seguridad activa y pasiva. 3. Importancia de los mantenimientos preventivos y protocolos de alistamiento.
Estrategias sobre la infraestructura segura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Auditorias de seguridad vial. 2. Intervención de puntos críticos del municipio. 3. Normatividad para la infraestructura vial.
Estrategias de atención a víctimas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de atención y rehabilitación a víctimas

Fuente: Adaptación de (Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta, 2019b, p. 52)

Por otra parte, los funcionarios de la Secretaría de Tránsito en el año 2019 manifestaron haber impactado a 23.693 personas en 254 jornadas educativas de prevención en seguridad vial, incluidos estudiantes, empresarios y otros actores viales, igualmente se cuentan a los usuarios y seguidores de las redes sociales de “Setra Cúcuta”, donde se publican las diferentes actividades y mensajes relacionados con seguridad vial (Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta, 2019a).

4.1.6.2. Lineamientos de seguridad vial. Con fin de reducir los altos índices de accidentalidad en la ciudad, se expidieron diferentes decretos desde hace unos años como los son:

El Decreto No. 0767 del 3 de agosto de 2018, por medio del cual se reglamenta la circulación de motocicletas, motocarros, tricimotos y cuatrimotos y se dictan otras disposiciones".

Artículo primero, Prohibir la circulación dentro del perímetro urbano y rural de la ciudad de San José de Cúcuta de motocicletas, motocarros, tricimotos y cuatrimotos entre las 23:00 y la 05:00 del día siguiente.

Artículo segundo. Prohibir la circulación dentro del perímetro urbano y rural de la ciudad de San José de Cúcuta de vehículos tipo motocicletas, motocarros, tricimotos y cuatrimotos con acompañante o parrillero del género masculino mayor de 12 años, durante las 24:00 horas del día.

Parágrafo 1. Se exceptúa de esta medida los motociclistas miembros de la fuerza Pública, autoridades de Tránsito, personal de seguridad de las entidades del Estado, personal de los organismos de salud y socorro, escoltas debidamente registrados en la Superintendencia de Vigilancia y Seguridad privada de los funcionarios del orden nacional, departamental y municipal siempre y cuando se encuentren en ejercicio de sus funciones.

Artículo tercero: Prohibir durante las 24 horas del día, la conducción o el acompañamiento como parrillero de mujer en estado de embarazo y niños menores de 10 años, o que no alcancen a apoyar los pies en la motocicleta.

Artículo cuarto. Restringir el tránsito de tricimoto y cuatrimotos por las vías arterias, avenidas y calles céntricas incluyendo sectores comerciales de la ciudad.

Artículo quinto. Se prohíbe el estacionamiento de motocicletas, moto ciclos, cuatrimotor y motocarros en los siguientes lugares:

- Sobre andenes o sobre espacio público destinado para peatones, recreación o conservación.
- En vías arterias, autopistas, zonas de seguridad o en una intersección.
- En puente, pasos bajos, estructuras elevadas o cualquiera de los accesos a estos.
- En zonas expresamente destinadas para estacionamiento o parada de cierto tipo de vehículo.
- En carriles a una distancia mayor de 30 cm del costado de la vía.
- En doble fila de vehículos estacionados o frente a hidrantes o entradas de garajes.
- En curvas y esquinas, en donde se interfiera con la salida de vehículos debidamente estacionados.

Artículo sexto. Las motocicletas, no podrán transportar objetos que disminuyan la visibilidad o que incomoden al conductor o acompañamiento o que ofrezcan peligro para los usuarios de las vías. En caso de inobservancia, el vehículo será inmovilizado hasta tanto se encuentre libre de obstáculos.

Artículo séptimo. En todo momento, el conductor de los vehículos contemplados en el artículo primero del presente decreto deberá mantener las manos en el manubrio al momento de utilizar el vehículo.

Parágrafo 1. Por ningún motivo se permite el uso de teléfonos celulares y demás dispositivos electrónicos mientras se conduce el vehículo. La inobservancia acarreará las sanciones previstas en la Ley.

Artículo octavo. Todo conductor y acompañante de motocicleta, mototriciclo, motocarro y cuatrimotos, deberá portar de manera permanente casco protector conforme a las especificaciones

legales; a partir de las 18:00, será de obligatorio cumplimiento el uso del chaleco reflectivo para el conductor y el acompañante.

Parágrafo 1. En caso de que el casco utilizado tanto por el conductor de motocicleta como el parrillero (sexo femenino) posea visera, la misma deberá ser únicamente de color transparente, además de cumplir con las normas de calidad estipuladas en la ley. En caso contrario, el respectivo vehículo, será inmovilizado hasta tanto se supere la situación.

Artículo noveno. Todo conductor de motocicleta, mototriciclo, motocarro y cuatrimoto, deberá transitar por los carriles que corresponde a velocidades permitidas utilizando calzado cerrado por razones de seguridad.

Artículo décimo. La Secretaria de Despacho Área Dirección Control, Tránsito y Transporte, asumirá en colaboración con las autoridades uniformadas de Policía el control y cumplimiento de lo dispuesto en el presente Decreto.

Artículo Décimo Primero. El conductor de motocicleta, motocarro, tricimoto y cuatrimoto, que infrinja lo preceptuado en el presente decreto, incurrirá en las sanciones pecuniarias y de inmovilización del vehículo en los casos a que haya lugar, con base en lo establecido en la legislación colombiana y la Resolución No. 3027 del 26 de julio de 2010, del Ministerio de Transporte "Por la cual se actualiza la codificación de las infracciones de tránsito, de conformidad con lo establecido en la Ley 1383 de 2010, se adopta el Manual de infracciones y se dictan otras disposiciones".

Artículo Décimo Segundo. Las anteriores medidas, se establecen sin perjuicio de ser modificadas atendiendo su cumplimiento y en procura de la reducción en la accidentalidad,

Artículo Décimo Tercero. El presente Decreto tendrá una vigencia de un (1) año contados a partir de la fecha de su expedición y deroga las disposiciones que le sean contrarias.

(Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta, 2019a, p. 3 - 5).

4.2. Desarrollo de un Modelo de Dinámica de Sistemas de Accidentalidad de Motocicletas.

Para el desarrollo de este objetivo se partió desde el inicio de desarrollo de bosquejos del modelo de accidentalidad vial en la ciudad, para lo cual se dispuso de mucho tiempo en el ensayo y error buscando que el modelo funcionara, con lo cual se llegó al punto de decidir hacer el modelamiento del sistema por partes con la seguridad de que cada uno de los subsistemas funcionara; seguidamente se unieron uno a uno formando así el Sistema de accidentalidad vial de la ciudad de San José de Cúcuta con sus variables, constantes, interacciones y ecuaciones definidas. Una vez comprobada la funcionalidad del sistema se realizó la búsqueda de información faltante para la simulación del sistema de accidentalidad vial en motocicletas.

4.2.1. Identificación del problema y análisis del comportamiento del sistema.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el primer objetivo se logró caracterizar el perfil de los conductores de motocicletas involucrados en accidentes viales, junto con los principales factores y causas de accidentalidad durante los años 2018 y 2019; además, se encontró que la mayor causa de accidentes durante los periodos mencionados se debe a desobediencia de normas de tránsito que se encuentra en el grupo de factores humanos y cultura del motociclista, lo cual demostró carencias en la educación vial de los actores viales. Por otra parte, se evidencio que estos siniestros viales suceden en todo el perímetro de la ciudad, especialmente en las zonas céntricas como las comunas 1, 2 y 5 donde ocurre el mayor número de accidentes, de la misma forma en las

principales vías como los anillos viales y avenidas de la ciudad, otros en las zonas rurales; la comuna que menos accidentes registró fue la 10 (ver documento Anexo 4).

4.2.2. Caracterización de variables. A partir de la revisión de información en la web y diferentes repositorios científicos, junto con la información suministrada por parte de Policía de tránsito seccional Cúcuta y el modelamiento del sistema, se encontraron las siguientes variables:

Tabla 34.
Variables del sistema.

Variable	Abreviatura	Definición	Dato	Fuente
Nivel	ATM	Accidentes de tránsito en motocicletas	Cantidad de accidentes	(Policía Nacional de Tránsito - Seccional Cúcuta, 2020)
	UM	Usuarios de motocicletas		
	TV	Tráfico vehicular		
	PC	Población de la ciudad	Cantidad de población	(DANE, 2019a)
	NAOAV	Número de accidentes con otros actores viales	Cantidad de accidentes	(Policía Nacional de Tránsito - Seccional Cúcuta, 2020)
	AMEV	Accidentes por mal estado del vehículo		
	ACM	Accidentes por cultura del motociclista		
	AH	Accidentes por habilidad		
	AEF	Accidentes por estrés y fatiga		
	AFCA	Accidentes por factores climáticos adversos		
	ARME	Accidentes por red en mal estado		
	RVME	Red vial en mal estado	Cantidad de Km	(Gabinete Municipal, 2020)
	RVBE	Red vial en buen estado		
Flujo	AMC	Accidentes en motocicletas en carretera	Accidentes	Establecida por autores
	ML	Motociclistas lesionados	Cantidad de lesionados	
	MM	Motociclistas con morbilidad	Cantidad de lesionados graves	
	MUM	Muertes de motociclistas	Cantidad de muertos	
	MOTO	Motocicletas	Cantidad de motocicletas	
	VEH	Vehículos	Cantidad de vehículos	
	OBV	Obsolescencia de vehículos	Vehículos obsoletos	
	NAC	Nacimientos	Nacimientos por año	
	MUE	Muertes	Muertos por año	

	AAV	Accidentes con actores viales	Cantidad de accidentes		
	VME	Vehículo en mal estado	Deterioro del vehículo		
	MRV	Mtto y reparación del vehículo	Cantidad de reparaciones a realizar		
	ACI	Accidentes por conductores imprudentes	Cantidad de accidentes		
	RAEV	Reducción de accidentes por educación vial	Cantidad de accidentes que se previenen		
	IMP	Imprevistos	Acciones	Establecida por autores	
	HAB	Habilidad	Habilidad de conductores		
	COND	Conducir	Tiempo de conducción		
	TDS	Tiempo de descanso	Relación tiempo de descanso y tiempo de conducción	(FCTA & ACOTRAL, 2016)	
	FC	Factores climáticos	Cantidad de accidentes		
	AMCV	Accidentes por malas condiciones viales	Cantidad de accidentes	Establecida por autores	
	KMNR	Km de red nueva y reparada	Cantidad de Km		
	DRV	Deterioro de red vial	Cantidad de Km		
	KMVM	Km de vía en mantenimiento	Cantidad de Km		
Auxiliar	CAV	Costos de accidentalidad vial	Costo total de accidentes		
	ACG	Acciones correctivas del gobierno			
	CV	Congestión vial			
	TDZ	Tiempos de desplazamiento	Tiempo	Establecida por autores	
	PAOV	Parque automotor de otros vehículos	Cantidad de vehículos		
	PAM	Parque automotor de motocicletas	Cantidad de motocicletas		
	NA	Natalidad anual	Nacimientos por año	(DANE, 2019b)	
	AOF	Accidentes con objeto fijo	Cantidad de accidentes		
	BEV	Buen estado del vehículo	Buen estado del vehículo	Establecida por autores	
	FM	Falla mecánica	Fallas mecánicas del vehículo		
	CEV	Campañas de educación vial	Cantidad de campañas		
	INF	Inflación	Inflación anual	(Banco de la República, 2020)	
		CMRKM	Costo de mantenimiento de red por Km	Costo de mtto de vía	Establecida por autores
		KMI	Km que pueden ser intervenidos	Cantidad de Km	

	PPTO	Presupuesto	Presupuesto anual para vías	(Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta, 2015, 2017; Decreto N° 1011 Del 16 de Diciembre Del 2016, 2016; Decreto N° 1131 Del 26 de Diciembre Del 2018, 2018; Decreto N° 0966 Del 11 de Diciembre Del 2019, 2019)
	TRV	Total red vial	Cantidad de Km	Establecida por autores
	VI	vehículo inmóvil	Cantidad de accidentes	(Policía Nacional de Tránsito - Seccional Cúcuta, 2020)
	CAV	Conducir a altas velocidades		
	DNT	Desobedecer normas de transito		
	CEM	Conducir en estado de embriaguez		
	OI	Otras imprudencias		
	AMI	Accidentes por movimientos imprevistos		
	DIS	Distracciones		
Constante	TMO	Tasa de morbilidad		
	TMM	Tasa de muertes de motociclistas	Motociclistas muertos	(Policía Nacional de Tránsito - Seccional Cúcuta, 2020)
	TL	Tasa de lesionados	Cantidad de accidentes	
	CMALV	Costo medio de accidente con lesión leve	Costo de accidente	(Velez et al., 2016)
	CMALG	Costo medio de accidente con lesión grave	Costo de accidente	
	CMAM	Costo medio de accidente con muerte	Costo de accidente	
	TDVE	Tasa de deterioro de vehículos	Tasa de deterioro de vehículos	(MinAmbiente, n.d.) Decreto 3019 de 1989
	VTP	Vehículos de transporte publico	Cantidad de vehículos	(DANE, 2020)
	TCVTP	Tasa de crecimiento de vehículos de transporte publico	Crecimiento de los vehículos	(ANDI, 2020)
	TCV	Tasa de compra de vehículos	Incremento de vehículos	
	MV	Motocicletas venezolanas	Cantidad de motocicletas	(Aguilar et al., 2017)
	TPCM	Tasa de población que compra motocicletas	Cantidad de motocicletas	(ANDI, 2019)
	TIME	Time	Transcurso del tiempo	Definida por el software
	EV	Esperanza de vida	Población que muere por causa externa	(Banco Mundial, 2020)
	AP	Ausencia de partes	Cantidad de accidentes	(Policía Nacional de Tránsito - Seccional
TAP	Tasa de accidentes con peatones			

TAOAV	Tasa de accidentes con otros actores viales		Cúcuta, 2020)(Policía Nacional de Tránsito - Seccional Cúcuta, 2020)(Policía Nacional de Tránsito - Seccional Cúcuta, 2020)(Policía Nacional de Tránsito - Seccional Cúcuta, 2020)
TAOV	Tasa de accidentes con otros vehículos		
TAMCV	Tasa de accidentes por malas condiciones viales		
IOO	Infraestructura y otros objetos		
TVFU	Tasa de vehículos fuera de uso	Tasa de vehículos que salen del sistema	(MinAmbiente, n.d.)
HABC	Habilidad de los conductores	Habilidad de motociclistas	(ANDI, 2019; Camargo, 2019)
PSMNE	Población sensibilizada mediante normatividad y educación vial	Cantidad de conductores educados	(Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta, 2019b)
FUM	Frecuencia de uso de motocicletas	Tiempo de uso diario	(Camargo, 2019)
LLUV	Lluvia	Cantidad de lluvias	(IDEAM, 2020)
NB	Neblina	Neblina	
VF	Vientos fuertes	Vientos fuertes	
TACL	Tasa de accidentes por carretera lisa por lluvia	Accidentes por carretera lisa	(Turbo, 2018)
CMKM	Costo mtto de km de vía	Costo mtto	(Jaramillo, 2018; Portafolio, 2020)
TRC	Tasa de red en construcción	Tasa de crecimiento red vial	(Gabinete Municipal, 2020)
TDV	Tasa de deterioro de red vial	Deterioro de red vial	(DNP & MINTRANSPORTE, 2016)

4.2.3. Modelado cualitativo o causal del sistema. Esta fase del modelado consistió en diseñar un bosquejo del sistema dinámico, en este caso el de accidentalidad vial de motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta, el cual permita conocer su estructura a partir de la especificación de las variables que aparecen en el mismo, establecer la existencia o no existencia de las relaciones entre variables con sus respectivas influencias, ciclos de realimentación y retrasos para el diagrama de influencias.

4.2.3.1. Diagrama de influencias. A continuación, se presenta los diagramas causales de la estructura del sistema de accidentalidad vial de motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta a partir de la información recolectada. Inicialmente, se tomó la información de accidentes viales de

motocicletas, la cual se organizó en un diagrama de Causa-efecto, diagrama de Pareto para determinar los grupos y subgrupos de las causas principales, luego se determinaron las influencias entre variables y elementos de la Dinámica de Sistemas, de lo cual se obtuvo:

a) Al principio se tuvo en cuenta la problemática del estudio, por lo cual se muestra la relación entre la accidentalidad vial de la ciudad, cuáles son los factores, causas, efectos y el lugar donde estos se presentan. En el caso de la figura 38 se muestran en lado izquierdo las variables que aumentan la tasa de accidentes de motocicletas (Causas) y al lado derecho las variables que se crean por efecto de las primeras donde se describen la gravedad de los accidentes y los costos que genera la accidentalidad; cabe resaltar que para nivelar o estabilizar el sistema se tomó la variable de reducción de accidentes por educación vial, la cual tiene influencia negativa lo que representa una disminución en la cantidad de accidentes viales en motocicletas.

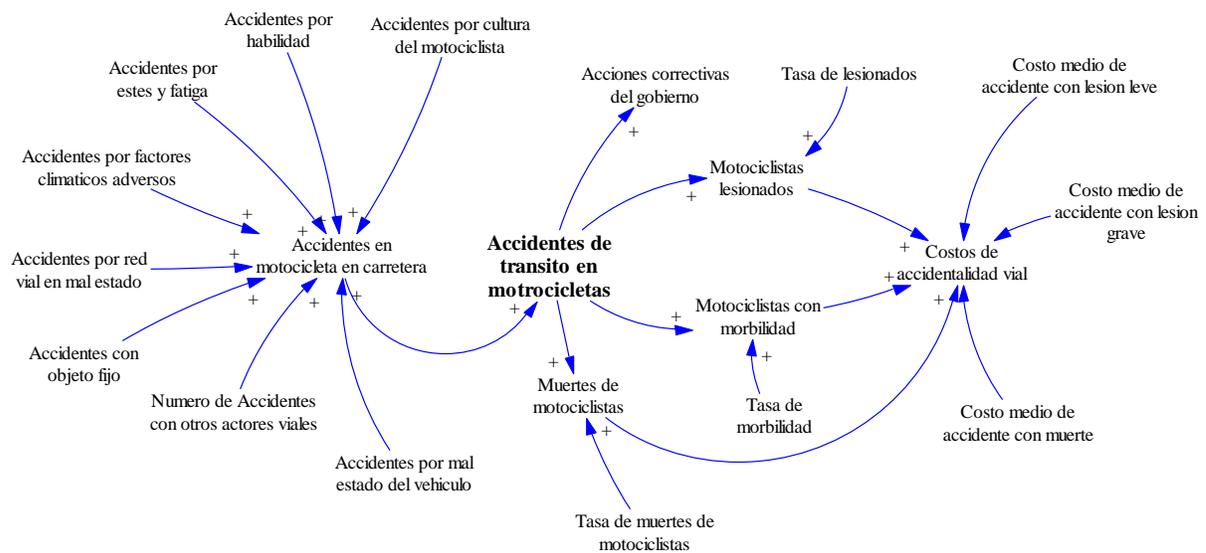


Figura 38. Diagrama causal accidentalidad en motocicletas

b) En la figura 39, se abordaron las causas que se relacionan con el crecimiento de la población de la ciudad, del parque automotor, motociclistas y actores viales en la ciudad, teniendo en cuenta que la ciudad se encuentra en una zona fronteriza se integran las motocicletas que vienen desde el vecino país, las facilidades de adquirirlas, facilidad de pago, ahorro en combustible, los bajos

costos de tener una motocicleta en comparación con un automóvil y la población de la ciudad; además de los accidentes con otros actores viales

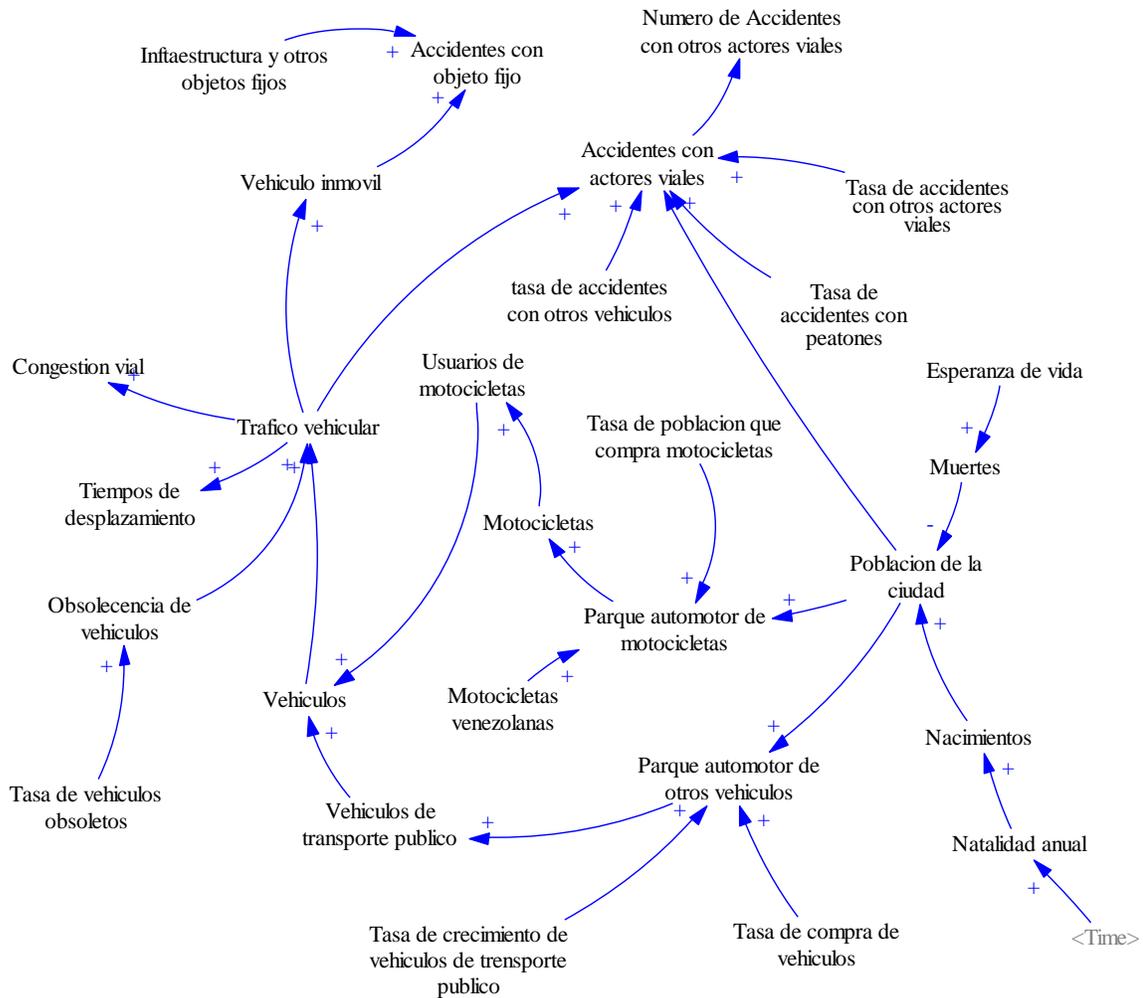


Figura 39. Diagrama causal actores viales.

c) En el diagrama causal del comportamiento del conductor, su educación vial y las influencias que llevan a los accidentes por cultura del motociclista (Figura 40), como lo son las imprudencias viales, el exceso de velocidad, conducir en estado de embriaguez, imprudencias y desobedecer normas de tráfico. En este se observa como el número de motociclistas influye directamente proporcional en los accidentes por las diferentes causas de este factor, también se muestra la educación vial por parte de las instituciones competentes que buscan disminuir la accidentalidad vial mediante campañas de educación vial.

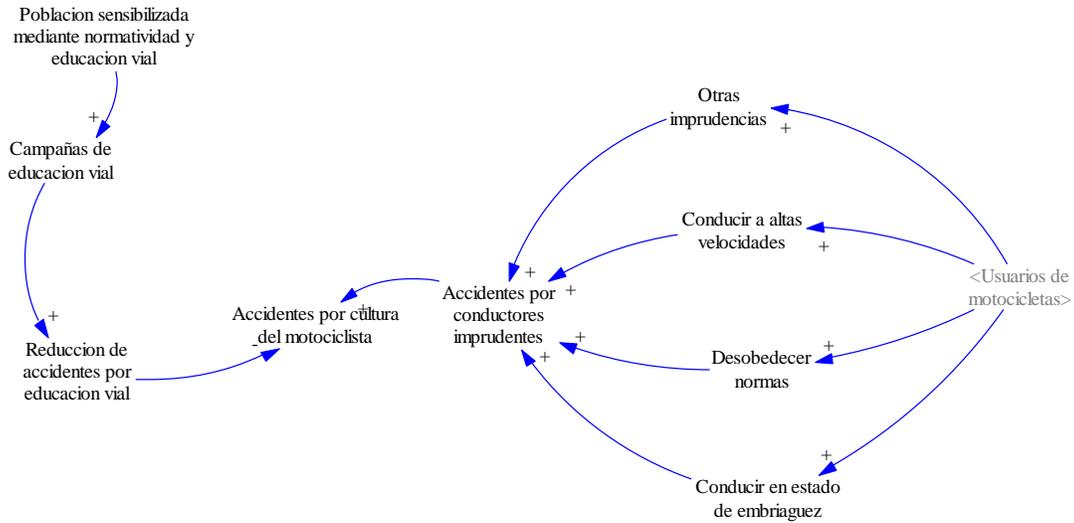


Figura 40. Diagrama causal factor humano y cultura del motociclista.

d) En el diagrama causal de accidentes por fatiga y estrés (Figura 41), se muestra las influencias que llevan a los siniestros viales por estas causas, en este, se encuentra que la fatiga y estrés es aumentada por el tiempo de conducción dada por la frecuencia de uso de motocicletas a diario, la fatiga y estrés se estabiliza con el tiempo de descanso.

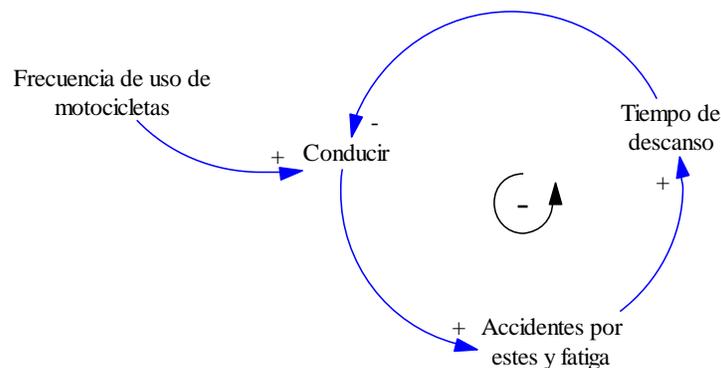


Figura 41. Diagrama causal estrés y fatiga.

c) El factor habilidad o diagrama causal de habilidad (Figura 42), tiene en cuenta la habilidad de los conductores para reaccionar a situaciones extremas para evitar accidentes, las variables incidentes de los accidentes por este factor son la desconcentración, distracción y movimientos imprevistos de los motociclistas o conductores.

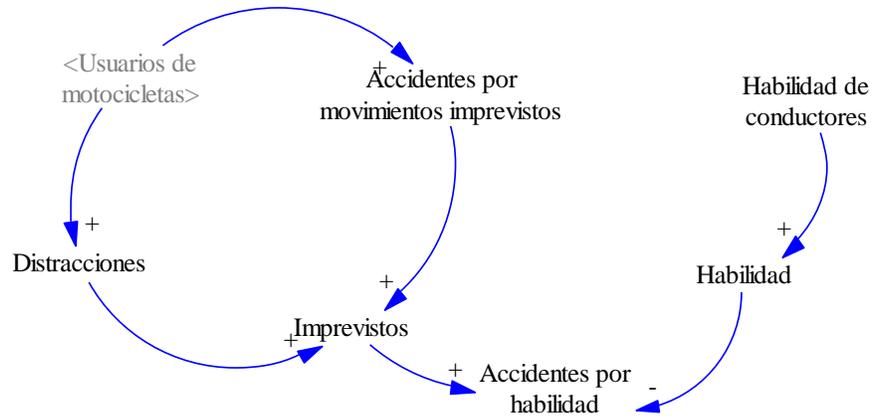


Figura 42. Diagrama causal habilidad.

d) También se encuentra el diagrama causal de accidentes por mal estado del vehículo (Figura 43), en este caso de motocicletas, generados por los factores de deterioro de una motocicleta, daños que se pueden presentar y ausencia de partes o componentes de la motocicleta, así mismo, se tiene en cuenta la influencia que ejerce el mantenimiento y reparación del vehículo, el cual disminuye las probabilidades de ocurrencias de accidentes viales de motociclistas.

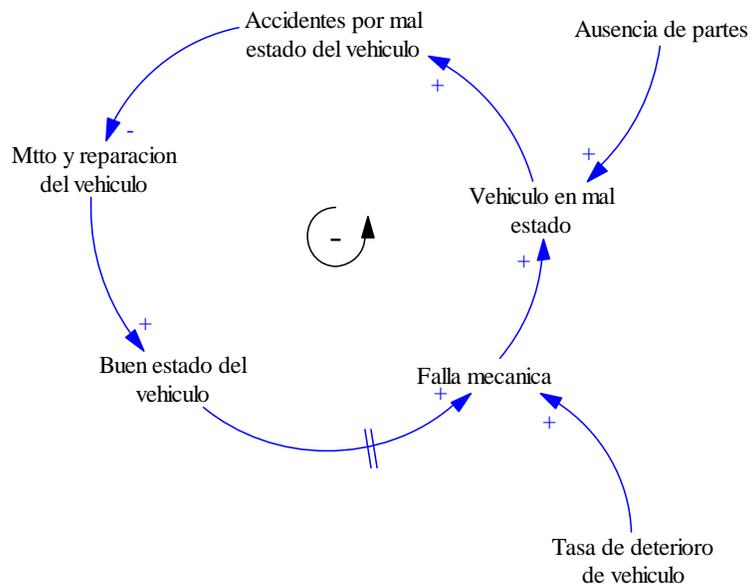


Figura 43. Diagrama causal factor tecnológico.

e) En el diagrama causal de la infraestructura vial (figura 44), se encuentra un ciclo de realimentación negativa el cual contiene retrasos debido al deterioro de la red vial con respecto al tiempo que tarda una vía en buen estado en deteriorarse; en este, la variable de Red de vías en buen

estado tiene un incremento por la variable Mantenimiento que se le realiza a la red vial. Además, se muestran las variables que influyen en la cantidad de kilómetros sujetas a mantenimiento, teniendo en cuenta los costos, el presupuesto anual destinado y la cantidad de red vial disponible que tiene la ciudad; también, se muestra la tasa de accidentalidad por red vial en mal estado y la cantidad de accidentes en motocicletas, que es el factor principal de este diagrama causal.

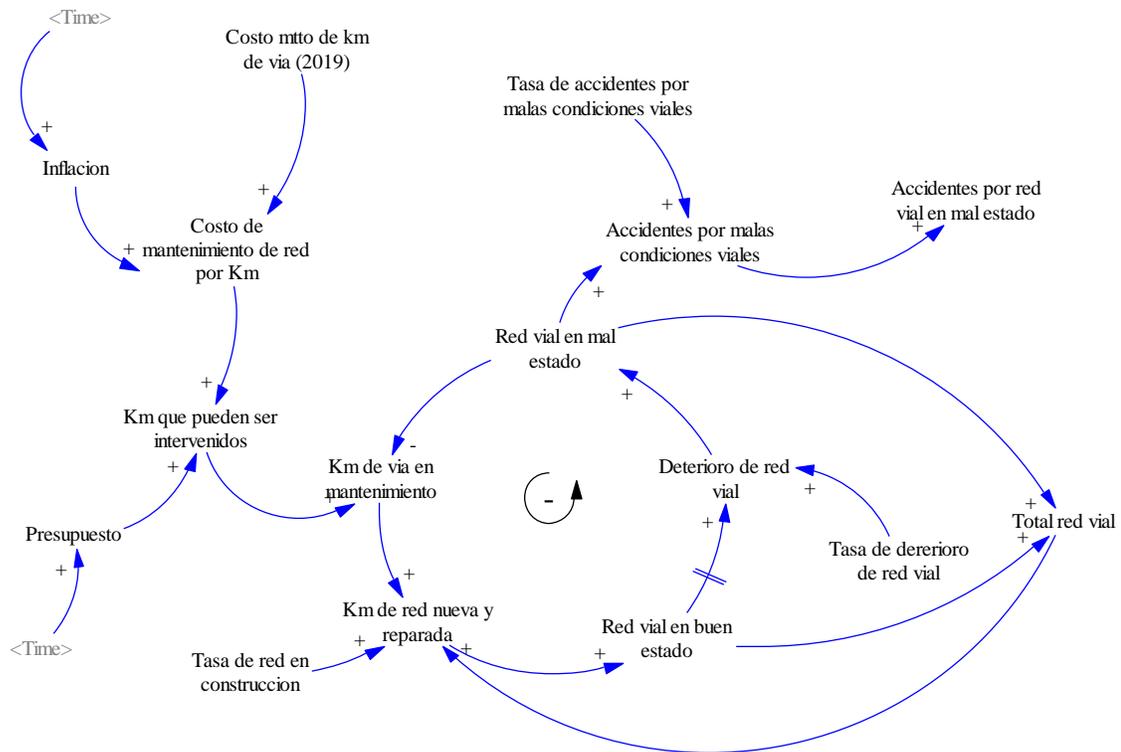


Figura 44. Diagrama causal factor infraestructural.

f) El diagrama causal que relaciona los factores climáticos con la infraestructura (Figura 45), estos son influenciados por el mal clima que puede haber en la ciudad, como los es la lluvia que causa que la carretera la superficie de la carretera sea lisa y afecte a la capacidad de respuesta conduciendo, lo que puede generar accidentes, para el caso de neblina y vientos fuertes no son parte del modelo ya que estos eventos climáticos escasamente se presentan en la ciudad.

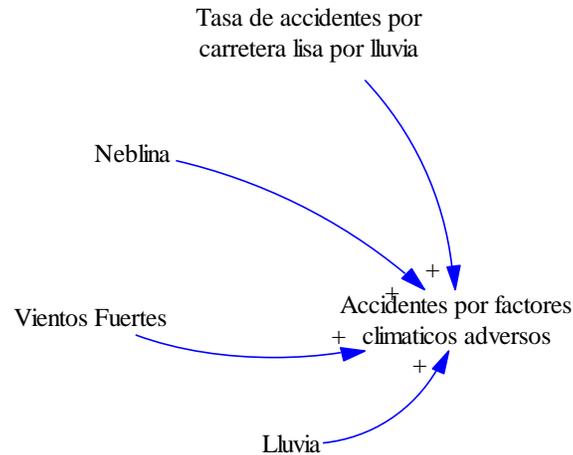


Figura 45. Diagrama causal factor clima

Finalmente se unieron cada uno de los diagramas causales y se realizaron las conexiones entre ellos para obtener el diagrama de influencias del sistema de accidentalidad vial de motocicletas en la ciudad de Cúcuta, el cual, muestra la estructura del sistema complejo, sus influencias y relaciones entre elementos y variables como se muestra a continuación o en el documento Anexo 5.

4.2.4. Modelo matemático del sistema. Una vez establecidas las variables y las influencias que existen entre estas, lo cual es importante para el modelamiento del sistema dinámico de accidentalidad de motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta, se presentan las ecuaciones (tabla 35) de las variables de nivel, flujo y auxiliares determinadas en la tabla 34, como resultado del modelamiento del sistema, esto con el fin de diseñar el diagrama Forrester, donde se toma como tiempo inicial $t_0=2020$ y tiempo final $t=2030$, ya que este está en función del tiempo.

Tabla 35.

Ecuaciones del modelo del sistema de accidentalidad vial.

Tipo	Variable	Ecuación
Nivel	ATM(t)	$= \int_{t_0}^t AMC(t) - (MM(t) + ML(t) + MUM(t)) dt$
	UM(t)	$= \int_{t_0}^t (MOTO(t)) dt$
	TV(t)	$= \int_{t_0}^t (VE(t) - OBV(t)) dt$

	$PC(t)$	$= \int_{t_0}^t (NAC(t) - MUE(t))dt$
	$NAOAV(t)$	$= \int_{t_0}^t (AAV(t))dt$
	$AMEV(t)$	$= \int_{t_0}^t (VME(t) - MRV(t))dt$
	$ACM(t)$	$= \int_{t_0}^t (ACI(t) - RAEV(t))dt$
	$AH(t)$	$= \int_{t_0}^t (IMP(t) - HAB(t))dt$
	$AEF(t)$	$= \int_{t_0}^t (COND(t) - TDS(t))dt$
	$AFCA(t)$	$= \int_{t_0}^t (FC(t))dt$
	$ARME(t)$	$= \int_{t_0}^t (AMCV(t))dt$
	$RVME(t)$	$= \int_{t_0}^t (DRV(t) - KMVM(t))dt$
	$RVBE(t)$	$= \int_{t_0}^t (KMNR(t) - DRV(t))dt$
	AMC	$= AOF + ACM + AFCA + AH + AMEV + ARME + AEF + NAOAV$
	ML	$= ATM * TL$
	MM	$= ATM * TM$
	MUM	$= ATM * TMM$
	$MOTO$	$= PAM$
	VEH	$= PAOV + UM$
	OBV	$= TV * TVFU$
	NAC	$= NA$
	MUE	$= (PC/_{EV}) + MUM$
	AAV	$= (PC * TAP) + (TV * TAOV) + TAOAV$
	VME	$= FM + (FM * AP)$
Flujo	MRV	$= AMEV$
	ACI	$= CAV + CEB + DNT + OI$
	$RAEV$	$= (ACM * CEV)$
	IMP	$= AMI + DIS$
	HAB	$= AH * HABC$
	$COND$	$= FUM - TDS$
	TDS	$= AEF * (45/56)$
	FC	$= (LLUV * TACLL) + NB + VF$
	$AMCV$	$= RVME * TAMCV$
	$KMNR$	$= KMVM + (TRV * TRC)$
	DRV	$= RVBE * TDV$
	$KMVM$	$= RVME - (RVME - KMI)$
	CAV	$= (CMALV * ML) + (CMALG * MM) + (CMAM * MUM)$
	CV	$= TV/TRV$
Auxiliar	$PAOV$	$= (PC * TCV) + (VTP * TCVTP)$
	PAM	$= (PC * TPCM) + MV$
	NA	$= Time$

AOF	=	$100 + VI$
BEV	=	MRV
FM	=	$TVO * TDVE$
CEV	=	$PSMNE$
INF	=	$Time$
CMRKM	=	$CMKM + (INF * CMKM)$
KMI	=	$PPTO/CMRKM$
PPTO	=	$Time$
TRV	=	$RVBE + RVME$
VI	=	$TV * 0.000008$
CAV	=	$UM * 0.000106$
DNT	=	$UM * 0.002$
CEM	=	$UM * 0.0005$
OI	=	$UM * 0.00166$
AMI	=	$UM * 0.00072$
DIS	=	$UM * 0.000035$

Fuente: Autores

4.2.5. Diagrama Forrester. El diseño y elaboración del diagrama Forrester inició a partir de los bosquejos y de las actividades mostradas anteriormente (ver tablas 34 y 35, figuras de la 38 a la 45), el cual pasó por muchas etapas de planteamiento, diseño, estructuración, prueba, análisis, replanteamiento y rediseños, en repetidas ocasiones hasta conseguir un modelo definitivo (ver figura 47 o Anexo 6). En este diagrama Forrester se encontraron y establecieron los bucles de realimentación (caso de los diagramas causales infraestructural, tecnológicos y accidentes por estrés y fatiga), las distintas variables (Nivel, flujo, auxiliares y constantes), las diferentes relaciones, interacciones y las ecuaciones que constituyen el modelo de accidentalidad vial de motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta.

4.2.6. Simulación y validación del modelo. Una vez definido el modelo de simulación con base en parámetros establecidos por la dinámica de sistemas se diseñó una aproximación a la realidad del estado actual de la accidentalidad vial en motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta, cabe resaltar que debido a la complejidad del sistema y el vacío de información necesaria

para el modelo no fue posible representar fielmente el comportamiento real del mismo. Inicialmente el modelo se puso en marcha con la función Synthesim del software Vensim® PLE, con el fin de observar la simulación conjunta de todas las variables y relaciones causales del sistema de todo el modelo (figura 48).

En cuanto a la validación del modelo se determinó de forma subjetiva, debido a los problemas anteriormente expuestos, esta se realizó en el software Vensim® PLE, por lo que no se detalla cada proceso de verificación ya que son elementales con el uso de las funciones Check Syntax, que facilita Vensim® PLE.

En cuanto a la metodología para la validación del modelo, consto de dos fases. En la primera se validó por separado la estructura de cada lazo del modelo, observando el comportamiento de cada diagrama causal con la seguridad de su correcto funcionamiento y que los datos arrojados se asemejaran a la realidad. Seguidamente se realizó la segunda fase, donde se integraron cada uno de los diagramas causales en un solo modelo asegurando que funcionen en conjunto de la misma forma. Los resultados de la simulación se detallan a continuación en las gráficas que se mostrarán a continuación, donde describen el comportamiento del sistema con las ecuaciones indicadas en la tabla 35.

A partir de la simulación con los datos históricos de accidentalidad vial en la ciudad, información sobre fenómenos climáticos, infraestructura, población, muertes, entre otros datos necesarios para el complemento del modelo, se obtuvo como resultado de la simulación de un periodo de 10 años (120 meses) entre el año 2020 hasta el 2030 que los accidentes en motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta alcanzarán la cifra de 3854 siniestros totales, cabe aclarar que este valor es el monto acumulado durante dicha década, es decir, 385.4 siniestros por año en promedio, lo cual en comparación con los datos históricos encontrados tiene mucha similitud por

lo que se puede validar que dicha simulación refleja un comportamiento muy cercano a la realidad, como se muestra en la Figura 49.

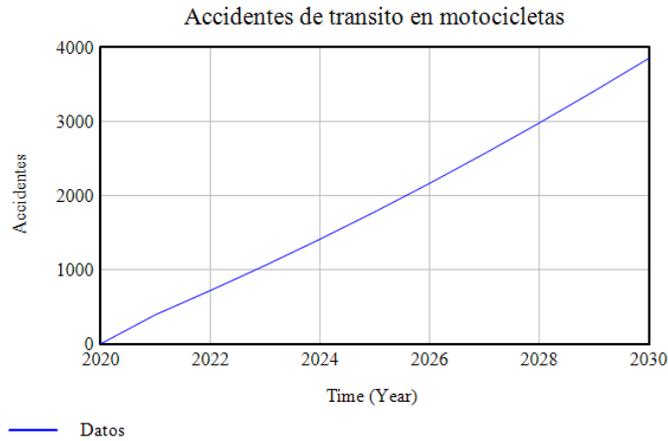


Figura 46. Accidentes de tránsito en motocicleta 2020 -2030.

En la figura 50, se detallan los accidentes de motociclistas con otros actores viales, como resultado del diagrama causal de actores viales, donde se observa un comportamiento con tendencia creciente entre cada año, con pequeñas variaciones, lo cual se debe al crecimiento dado por la población de la ciudad y el parque automotor, se estima una cantidad de 964 siniestros totales durante la década comprendida entre el año 2020 y 2030.

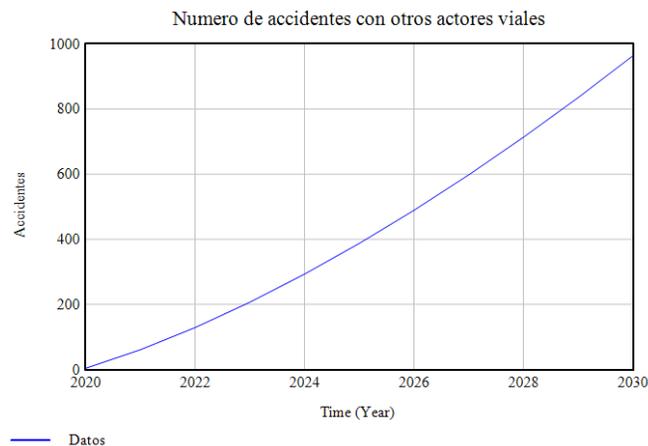


Figura 47. Accidentes con otros actores viales 2020 - 2030.

En la figura 51, se observa los resultados de la variable de nivel tráfico vehicular (la cual influye en la variable de flujo accidentes actores viales), se aprecia un incremento de 2.6 veces del parque

automotor, para un total de 314206 de vehículos en la década comprendida entre el año 2020 y 2030, este crecimiento se debe a las tasas de incremento de población, compra de vehículos, sus facilidades de adquisición, por otra parte, el sistema de este diagrama causal tiene una tasa del 26.25% anual de vehículos que pasan a estar fuera de servicio, lo que inhibe el crecimiento e intenta estabilizar el sistema.

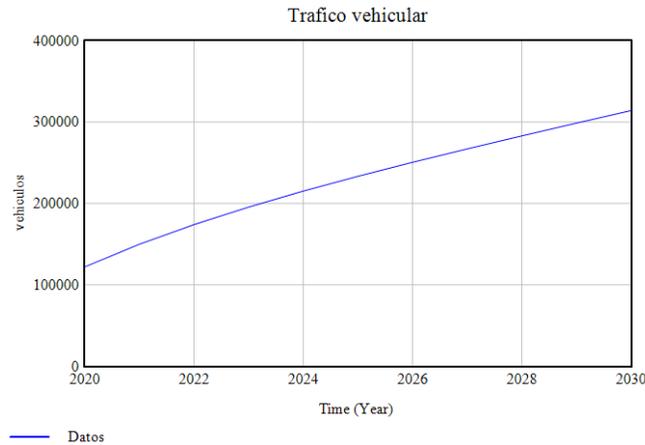


Figura 48. Tráfico vehicular 2020 -2030.

Para realizar una observación más a fondo del comportamiento de los vehículos, se observa la cantidad de usuarios de motocicletas en la figura 52, quienes son el objeto de estudio de esta investigación. Se obtuvo como resultado una cantidad de 94391 usuarios de motocicleta en total entre el periodo 2020 al 2030, estos datos parecen presentar un crecimiento lineal, pero en realidad tiene unas pequeñas variaciones respecto a su evolución en el tiempo, ya que depende de la población de la ciudad, población que compra estos vehículos que es constante año a año. Cabe aclarar que esta variable puede distar de la realidad ya al ser una ciudad con zona fronteriza con Venezuela existen vehículos de este país por su facilidad de adquisición se encuentran transitando en la ciudad de Cúcuta y en algunos casos no están registrados.

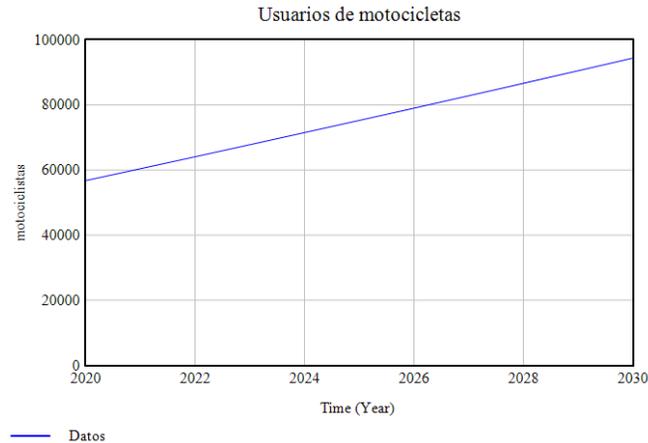


Figura 49. Cantidad de motociclistas 2020 -2030.

En la figura 53, se detalla los resultados de la variable de nivel accidentes por cultura del motociclista, los cuales muestran un crecimiento con respecto a cada año, se obtuvo un resultado de 2983 accidentes totales por dicha causa entre los años 2020 y 2030. La cifra anterior equivale al 77.4% de las causas de accidentes comprendidos en este periodo, cabe resaltar que el número de accidentes trata de ser disminuido con las campañas de educación vial, cuyo objetivo es reducir los accidentes viales mediante la concientización del conductor. Este factor también se ve influenciado por el número de usuarios de motociclistas.

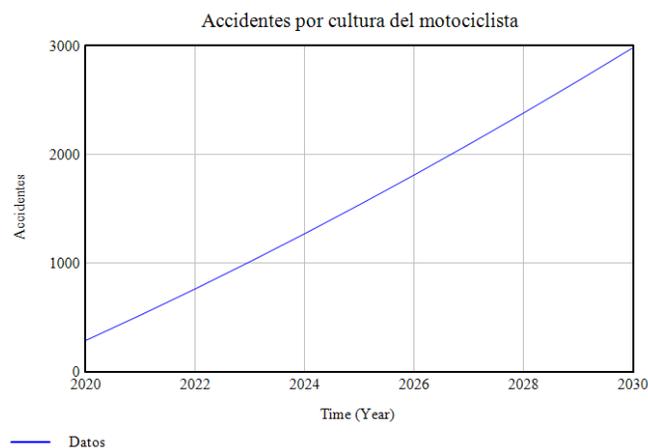


Figura 50. Accidentes por cultura del motociclista 2020 - 2030.

En la figura 54, se cuantifica los accidentes por habilidad del motociclista en estos se espera que el final del periodo estipulado se llegue a un registro de 108 siniestros totales según los datos

arrojados por la simulación, estos valores son dependientes de los datos históricos de las tasas de accidentalidad por estas causas y del incremento de la cantidad de motociclistas. En cuanto al comportamiento de la curva se puede observar que en el primer año tiene una pendiente más pronunciada, en los siguientes 2 años disminuye su crecimiento y en los últimos años tiende a ser constante el número de accidentes.

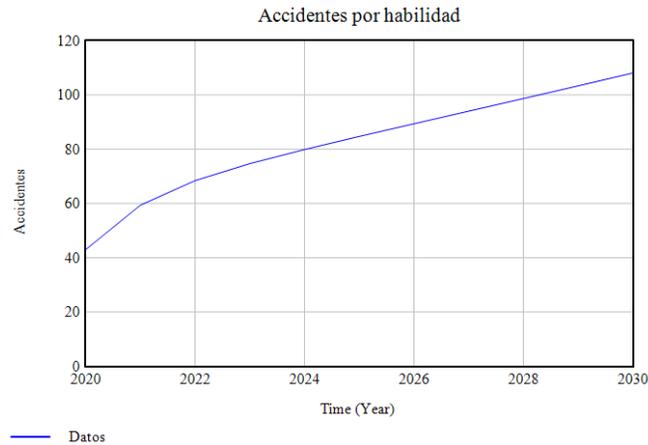


Figura 51. Accidentes por habilidad 2020 - 2030.

En la figura 55 se muestra la proyección de los accidentes a causa de red vial en mal estado en el año 2030 dando como resultado un total de es de 115 accidentes, debido a la cantidad de km de red vial en mal estado y la tasa de accidentalidad de este factor, la gráfica parece ser lineal, pero tiene unas pequeñas variaciones en los datos arrojados por la simulación, dichas variaciones oscilan entre 10 y 12 accidentes por año.

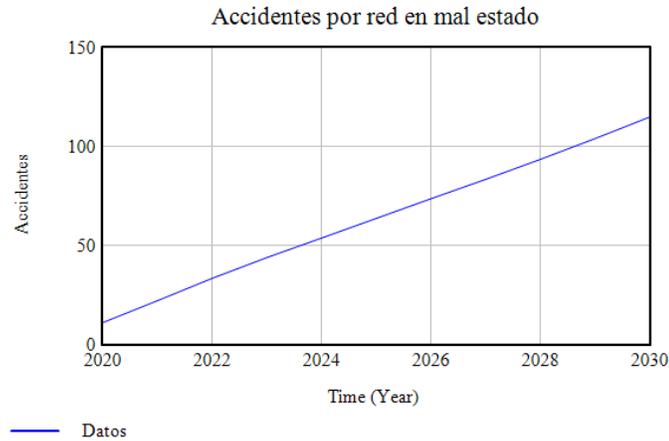


Figura 52. Accidentes por red vial en mal estado 2020 -2030.

Para ser más específicos en la variable de accidentes por red en mal estado, en la figura 56 se detallan los estados de la red vial y la totalidad de esta. La red vial en mal estado depende de la tasa de deterioro de red vial, por lo que muestra dos picos altos en los años 2021 y el 2030 del periodo establecido, lo cual indica una falta de mantenimiento en los años anteriores a estos. La red vial en buen estado depende de los km de vía en mantenimiento y la red nueva, esta variable muestra en el primer año un pequeño crecimiento, seguidamente la curva crece de manera significativa hasta el sexto año y, por último, el crecimiento es más moderado. Cabe resaltar que al 2030 según lo arrojado por la simulación la red vial total incrementará a 1475 km estimados, durante estos 10 años, lo cual depende de la sumatoria de los factores anteriormente expuestos.

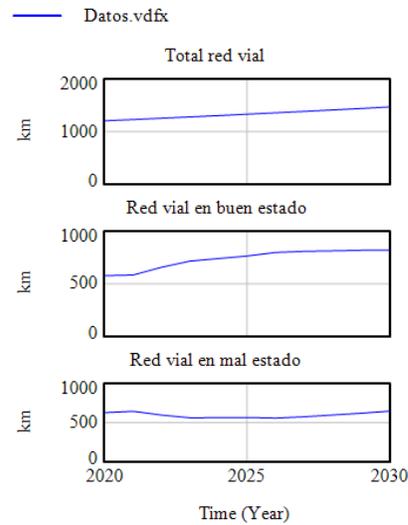


Figura 53. Total red vial; Red vial en buen estado; red vial en mal estado, 2020 - 2030.

Los accidentes por factores climáticos que se detallan en la figura 57, tendrá un crecimiento con pequeñas variaciones entre el periodo, por lo cual el número de accidentes oscila entre 9 y 10 accidentes de motociclistas por año a excepción del primer año. Es importante aclarar que, solo se alimentó de los datos del año del 2019 y la tasa de accidentes por carretera lisa por lluvia, la cual es contante en el modelo. Siendo así para el año 2030 la cantidad será de 97 accidentes totales del periodo estipulado.

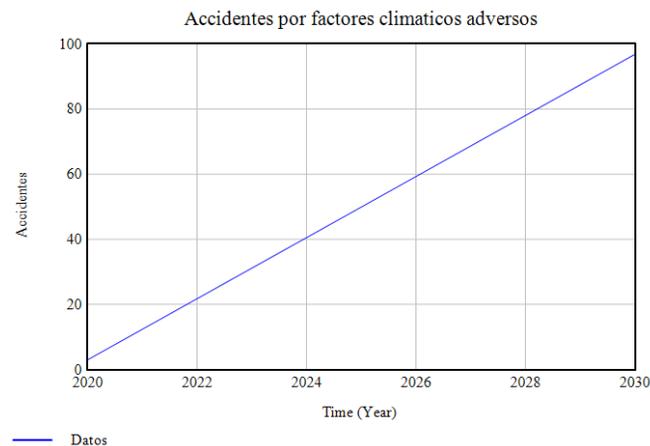


Figura 54. Accidentes por factores climáticos adversos 2020 - 2030.

El comportamiento de los accidentes por estrés y fatiga se muestra en la figura 58, el cual tiene una probabilidad de ocurrencia muy baja que oscila entre 1 y 2 accidentes de motociclistas por

año. Esta baja probabilidad es influenciada por los tiempos de descanso de los conductores y el tiempo de conducción de motocicletas.

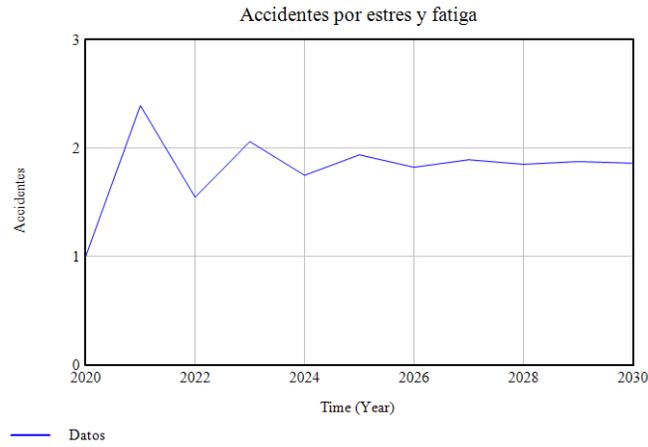


Figura 55. Accidentes por estrés y fatiga 2020 -2030.

El comportamiento de la figura 59 de los accidentes por mal estado de las motocicletas, es atípico en comparación de los demás donde inicia con los resultados históricos que alimentan el modelo y a partir del año 2025 son cero (0) accidentes, lo que refleja un decrecimiento. Esto se debe a que la forma como se planteó el diagrama causal toma la cantidad de fallas mecánicas y las envía a realizar mantenimiento del vehículo siendo así que la probabilidad de accidente sea casi inexistente en el periodo establecido, gracias al vacío de información en este grupo de variables. Por otro, lado el diagrama causal diseñado muestra como si se le realizara mantenimiento debidamente al vehículo se pueden prevenir los accidentes por estas causas mencionadas.

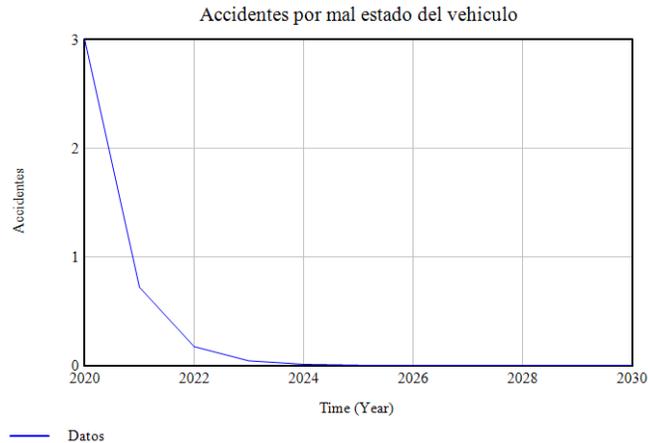


Figura 56. Accidentes por mal estado del vehículo 2020 -2030.

4.3. Generación y Validación o Análisis de Sensibilidad de Escenarios del Modelo

Planteado.

Una vez validado el modelo de accidentalidad vial en motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta, se generaron los posibles escenarios, este objetivo consistió en modificar los valores numéricos de cada una de las variables seleccionadas, en un determinado porcentaje, para luego analizar sobre la medida de la variación que afecta a los resultados del modelo. Cabe resaltar que se reconoce a Accidentes de tránsito en motocicleta como variable dependiente de todo el sistema, la cual va a ser afectada por los cambios que se realicen a las demás variables, las cuales son reconocidas como variables independientes.

4.3.1. Selección de variables para la generación de escenarios. Para lograr formular políticas o estrategias que sean más confiables, explícitas, consistentes y dinámicas se decidió seleccionar tres (3) variables para la generación de escenarios, esta selección se realizó bajo los criterios de los resultados del diagrama de Pareto (figura 35) y frecuencia porcentual de las causas de accidentes de los resultados obtenidos en la simulación (figura 60).

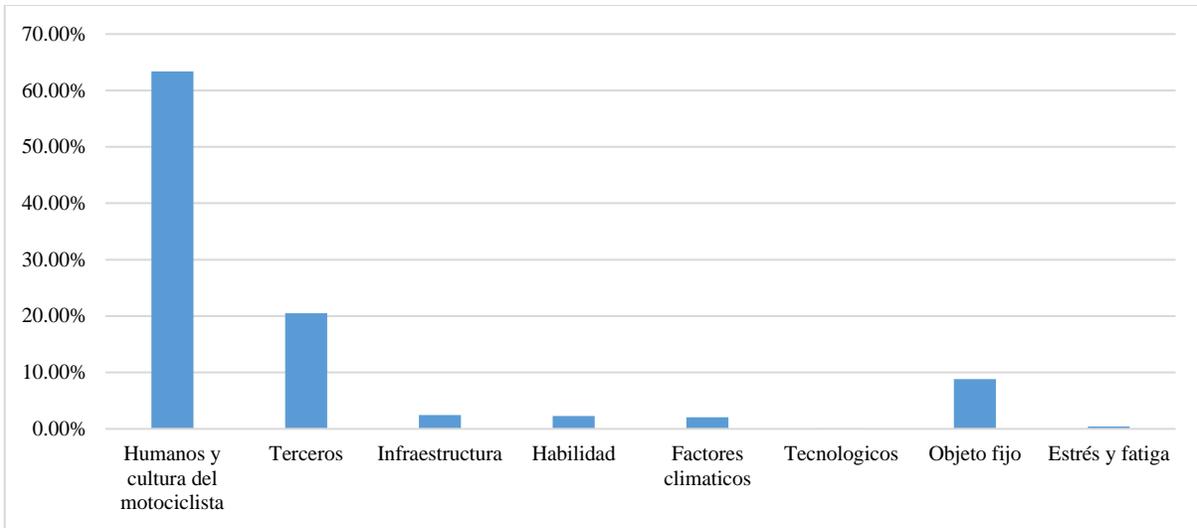


Figura 57. porcentaje de participación en accidentes en motocicletas al año 2030.

De acuerdo a los criterios expuestos, se tomaron las relaciones causales con mayor frecuencia de accidentalidad o con mayor cantidad de datos, las cuales son:

- Factor humano y cultura del motociclista, comprenden los factores culturales más la habilidad de los motociclistas en un grupo o diagrama causal.
- Factores poblacionales, este comprende la población y los actores viales de la ciudad, como lo son cantidades de vehículos, motocicletas, peatones, entre otros; además, de los accidentes generados por ellos.
- Infraestructura vial.

4.3.2. Escenarios del factor humano y cultura del motociclista. En cuanto el diagrama causal del factor humano, se generaron tres (3) escenarios con el fin de estudiar el comportamiento y los resultados de las variables de este factor y como afecta a la variable dependiente del sistema como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 36.

Datos de los escenarios del factor humano y cultura del motociclista.

Escenario	Modificación	Accidentes Factor humano acumulado al 2030
Datos	Ninguna	2986
E1	0%	3421
E2	6%	2627
E3	12%	2064

El Escenario 1 (E1) se modificó de tal forma que el modelo no reconociera existencia de las campañas de seguridad vial, es decir la tasa de población de motociclistas sensibilizada en educación vial pasó de 3.05% al 0%, con el fin de observar el comportamiento extremo del sistema si no se realizaran campañas de educación vial (ver figura 61). De lo cual se obtuvo un acumulado de 3421 accidentes durante el período establecido entre el año 2020 al 2030, lo cual indica un incremento de 14.56% accidentes por este factor con respecto al valor obtenido de la simulación inicial (2986 accidentes).

De la misma forma, para el Escenario 2 (E2) se realizó una modificación en la cual se incrementó la variable de la tasa de población de motociclistas sensibilizada en educación vial pasando de un 3.05% a 6%, es decir que se aumentó la cobertura de las campañas de educación vial, llegando a más conductores de motociclistas, lo cual presentó una disminución de 12.02% accidentes por dicho factor con respecto a los datos arrojados por el modelo inicial (Datos), obteniendo una apreciación de posibles mejoras en el modelo (figura 61).

Para reforzar lo anterior se generó un tercer escenario, donde se modificó de la misma forma a un 12% la cobertura de las campañas de educación vial a la población de motociclistas, obteniéndose como resultado una reducción del 30.88% (922 accidentes de tránsito por este factor) en el periodo establecido.

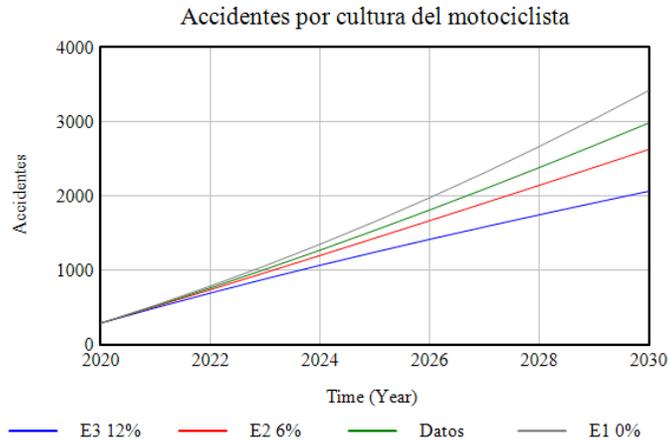


Figura 58. Accidentes por cultura del motociclista, E1, E2 y E3.

Como efecto de la variación anterior en el factor de cultura, se observaron notables cambios en la variable dependiente accidentes de tránsito en motocicletas, como que al aumentar la cobertura de las campañas de educación vial disminuyeron los accidentes de tránsito en motocicletas como se muestra en la tabla 37.

Tabla 37.

Accidentes de tránsito en motocicleta, E1, E2 y E3.

Escenario	Modificación	Accidentes de tránsito en motocicleta acumulado al 2030
Datos	Ninguna	3854
E1	0%	4210
E2	6%	3559
E3	12%	3081

En la figura 62, se puede visualizar los escenarios y sus respectivas modificaciones realizadas, en donde el escenario E1 al disminuir la tasa de campañas de educación vial obtuvo un aumento 9.23% de los accidentes de tránsito, contrario a los escenarios donde se aumentó la cobertura, de los cuales se obtuvo una disminución hasta del 20.05% de accidentes durante dicho periodo.

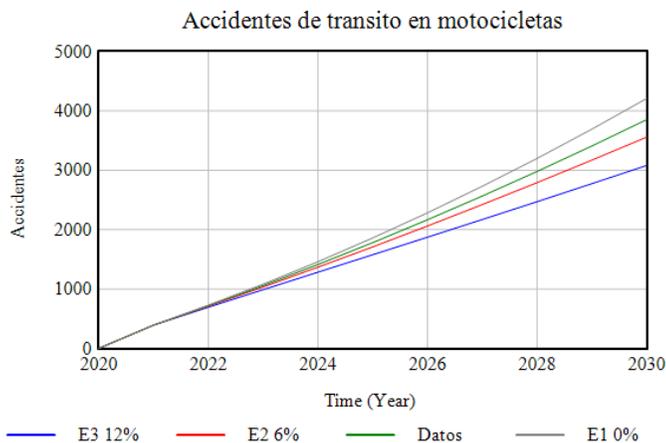


Figura 59. Accidentes de tránsito en motocicleta, E1, E2 y E3.

4.3.3. Escenarios del factor poblacional. De igual forma, en este diagrama causal se generaron cuatro (4) escenarios, en dos de estos se pretendió observar el comportamiento del sistema si las tasas poblacionales se incrementaran; los dos escenarios restantes todo lo contrario. Estos escenarios tuvieron modificaciones de $\pm 5\%$ y $\pm 10\%$ en cada tasa, dando como resultado incrementos y disminución en los datos de la cantidad de vehículos, accidentes con otros actores viales y accidentes de tránsito en motocicletas. Inicialmente en la tabla 38, se muestran los resultados del tráfico vehicular de los escenarios 1 y 2 (E1 y E2).

Tabla 38.

Datos del tráfico vehicular al año 2030, E1 y E2.

Escenario	Modificación	Tráfico vehicular acumulado al 2030
Datos	Ninguna	314206
E1	+5%	531776
E2	-5%	252454

En la figura 63, se muestra con línea azul el crecimiento del parque automotor si las tasas de compra y crecimiento de vehículos fueran un 5% más altas con respecto a los datos recopilados en el diagnóstico inicial de este proyecto, a su vez se modificó la tasa de vehículos fuera de servicio, la cual se disminuyó un 5% con el fin de obtener un sistema inestable, donde se encontró que al año 2030 el 61.67% de la población tendrá vehículos, lo cual sería una situación inestable para las condiciones de la ciudad. Por otra parte, también se muestra con color rojo el comportamiento si

se disminuyen las tasas de adquisición de vehículos mencionadas anteriormente y se aumenta el criterio para el flujo de vehículos fuera de uso, lo que resultaría una reducción del 16.65% de vehículos.

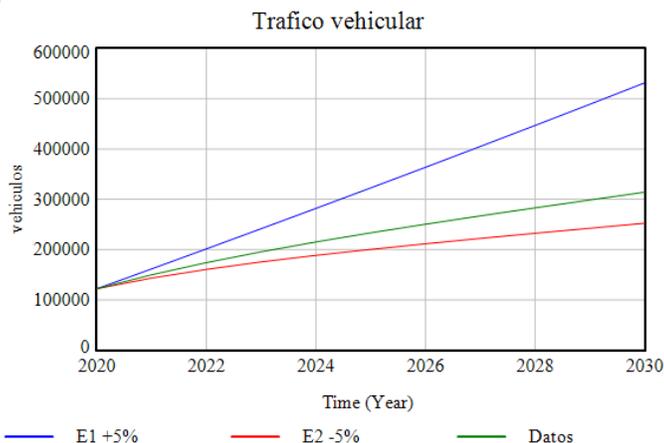


Figura 60. Datos del tráfico vehicular al año 2030, E1 y E2.

Producto del aumento del tráfico vehicular se obtuvo el mismo efecto en los accidentes de motociclistas con otros actores viales, como se muestra en la tabla 39, donde de igual forma según las modificaciones que se le hayan hecho al escenario incrementan o disminuyen los accidentes.

Tabla 39.

Accidentes con otros actores viales al 2030, E1 y E2.

Escenario	Modificación	Accidentes con otros actores viales acumulado 2030
Datos	Ninguna	964
E1	+5%	1303
E2	-5%	848

En este caso para las modificaciones del aumento del 5% en las tasas de incremento de vehículos se obtiene un aumento del 35.17% de accidentes con otros actores viales, para las modificaciones de disminución se obtuvo una reducción del 12.03% de accidentes con otros actores viales respecto a los datos del modelo inicial (ver figura 64).

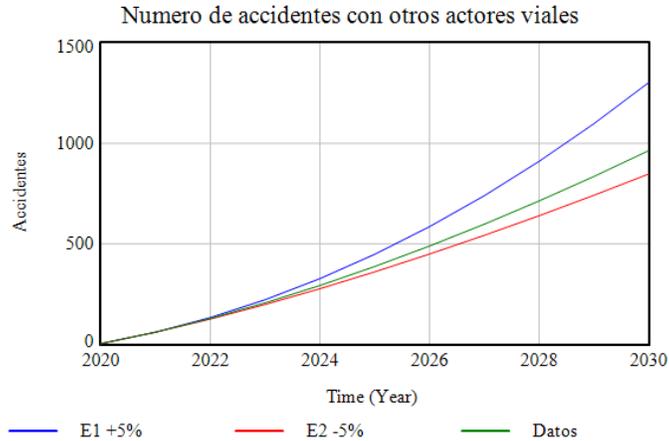


Figura 61. Accidentes con otros actores viales al 2030, E1 y E2.

Siendo más específicos en el problema de accidentalidad vial en motocicletas, en la tabla 40, se muestra los resultados de la simulación de los escenarios E1 y E2.

Tabla 40.

Datos de accidentes de tránsito en motocicletas acumulado 2030, E1 y E2.

Escenario	Modificación	Accidentes de tránsito en motocicletas acumulado 2030
Datos	Ninguna	3854
E1	+5%	4892
E2	-5%	3634

De donde se aprecia un incremento de accidentes en motocicletas del 26.98% para el E1 con respecto al modelo inicial, en el caso del E2 se obtuvo una disminución del 5.7% de los accidentes como se muestra en la figura 65.

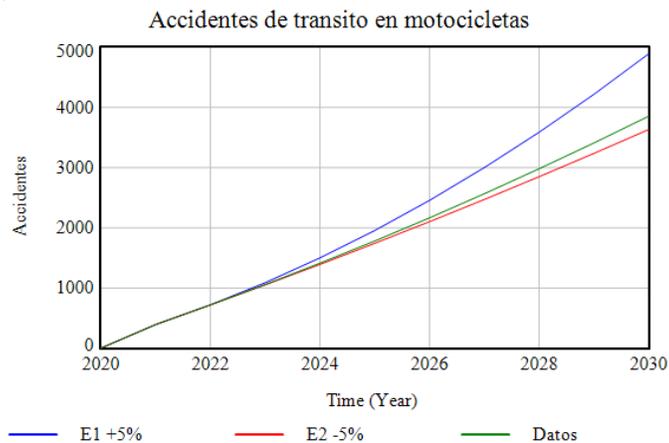


Figura 62. Datos de accidentes de tránsito en motocicletas acumulado 2030, E1 y E2.

Con el fin de ampliar los resultados se establecieron los escenarios E3 y E4. En el E3 en el cual se aumentaron las tasas de compra y crecimiento de vehículos en un 10% más altas a como realmente están, a su vez se modifica la tasa de vehículos fuera de servicio, la cual se disminuye un 10% con el fin de obtener un sistema inestable; por otro parte para el escenario E4 se invierte la modificación de las tasas mencionadas en 10 puntos porcentuales a excepción de aquellas que su tasa inicial es menor al 10%, solo se pasaron de su valor porcentual al 1% teniendo en cuenta que el parque automotor crezca en menor proporción. Los resultados obtenidos del tráfico vehicular, se muestran a continuación en la tabla 41.

Tabla 41.

Datos del tráfico vehicular al año 2030, E3 y E4.

Escenario	Modificación	Tráfico vehicular acumulado al 2030
Datos	Ninguna	314206
E3	+10%	729116
E4	-10%	191504

Con respecto a los datos anteriormente mostrados, en la figura se muestra el comportamiento de la simulación de los escenarios, donde el E3 muestra que para el 84.56% de la población tendrá vehículo, lo cual indica un comportamiento fuera de la realidad y un sistema muy inestable; en el caso del E3 se refleja una disminución del 39.05% de vehículos como se muestra en la figura 66.

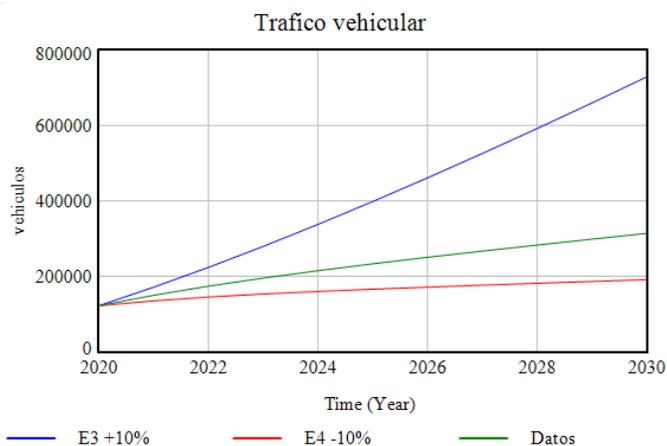


Figura 63. Datos del tráfico vehicular al año 2030, E3 y E4.

En la tabla 42, se aprecian los datos de accidentes con otros actores viales resultantes de las modificaciones en los escenarios E3 y E4.

Tabla 42.

Accidentes con otros actores viales al 2030, E3 y E4.

Escenario	Modificación	Accidentes por otros actores viales acumulado al 2030
Datos	Ninguna	964
E3	+10%	1597
E4	-10%	728

Para el E3 se espera un incremento de del 65.66% en accidentes con otros actores viales debido al gran aumento de vehículos y actores viales, lo que simboliza cifras alarmantes en caso de que este escenario se llegue a presentar. Por otro lado, el escenario E4 al reducir sus tasas buscando la disminución significativa de la cantidad de vehículos obtiene una reducción del 24.48% de los accidentes con otros actores viales, como se muestra en la figura 67.

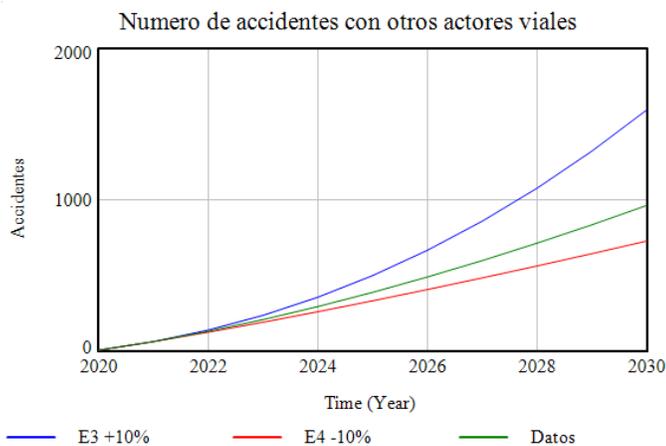


Figura 64. Accidentes con otros actores viales al 2030, E3 y E4.

Finalmente se muestran los resultados en la variable independiente tras las modificaciones en los escenarios E3 y E4, de los cuales se obtuvo:

Tabla 43.

Datos de accidentes de tránsito en motocicletas acumulado 2030, E3 y E4.

Escenario	Modificación	Accidentes de tránsito en motocicletas acumulado al 2030
Datos	Ninguna	3854
E3	+10%	5554
E4	-10%	3345

El escenario E3 muestra una gran cantidad de accidentes, tanto así que su incremento es 44.11% respecto a los datos del modelo inicial, producto de un sistema inestable el cual se debería regular si así fuera el comportamiento de la realidad; lo contrario ocurre con el E4 que tras la disminución de las tasas de crecimiento de vehículos se obtiene una disminución del 13.2% en accidentes de tránsito en motocicletas, como se muestra en la figura 68.

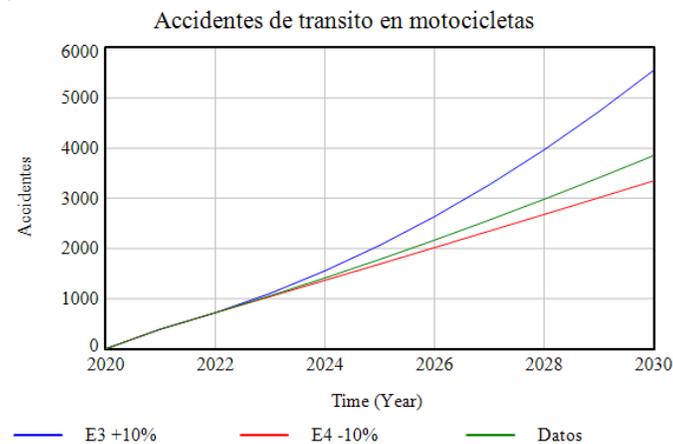


Figura 65. Datos de accidentes de tránsito en motocicletas acumulado 2030, E3 y E4.

4.3.4. Escenarios del factor Infraestructural. Como tercer y último escenario analizado, se abordan los escenarios generados para el factor infraestructural y sus relaciones causales. En este caso se generaron 2 escenarios con modificaciones a la disposición del presupuesto para mantenimiento de vías de -10% para el escenario 1 (E1) y +10% Para el escenario 2 (E2). Cabe resaltar que el presupuesto es el que produce la cantidad de km de red vial que se le realiza mantenimiento y es por eso que se realizan modificaciones con amplitud de 10 puntos porcentuales para mostrar una comparación significativa ya que los costos de mantenimiento por

km de vía son altos y este factor de accidentalidad pertenece a los de bajas probabilidades de ocurrencia.

En la tabla 44, se detalla la cantidad de km de red vial en mal estado para cada uno de los escenarios establecidos para este factor.

Tabla 44.

Km de red vial en mal estado, E1 y E2.

Escenario	Modificación	Km de red vial en mal estado
Datos	Ninguna	649.90
E1	+10%	623.56
E2	-10%	676.56

En este caso se presentan variaciones pequeñas en E1 y E2 del 4.10% y 4.05% respectivamente, ya que el mantenimiento que se le realiza a las vías no es el suficiente y la tasa de deterioro no se hace esperar, pues casi todos los años se deterioran más vías que las que se reparan por lo que se mantienen alrededor de los 600 Km de red vial en mal estado según los datos arrojados por la simulación (ver figura 69).

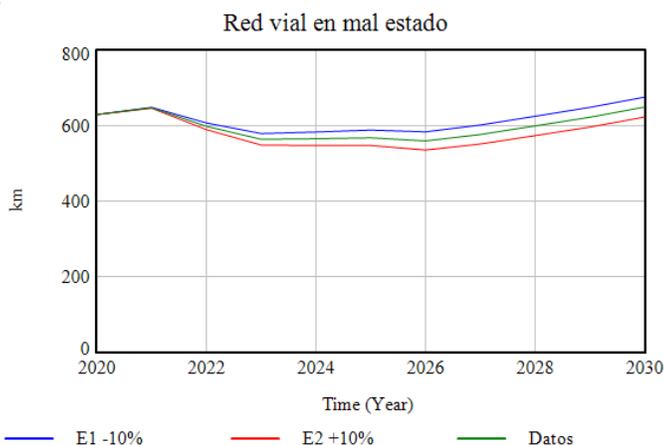


Figura 66. Km de red vial en mal estado, E1 y E2.

Producto de los Km de red vial en mal estado están los accidentes en motocicleta a causa de la red vial en mal estado cuyos resultados se muestran en la tabla 45.

Tabla 45.

Accidentes por red vial en mal estado acumulado 2030, E1 y E2.

Escenario	Modificación	Accidentes por red vial en mal estado acumulado 2030
Datos	Ninguna	115
E1	+10%	112
E2	-10%	118

Al igual que en la figura anterior, en este caso también se presenta una pequeña variabilidad para los escenarios E1 y E2 de $\pm 2.61\%$, pues solo son 3 accidentes los que aumentan o disminuyen en los dos escenarios, como se muestra en la figura 70.

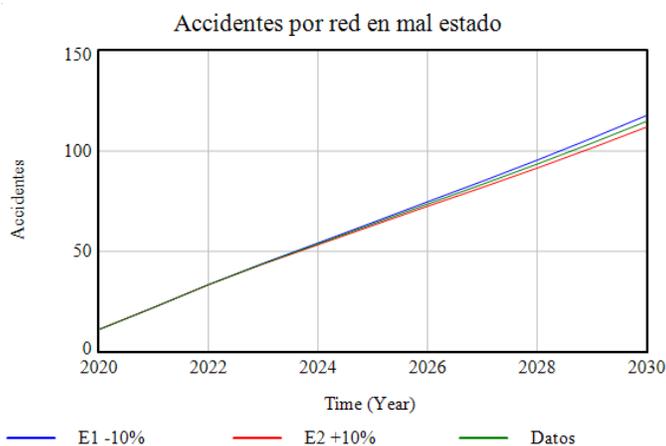


Figura 67. Accidentes por red vial en mal estado acumulado 2030, E1 y E2

4.4. Propuesta de Políticas de Mejora de los Escenarios Concebidos.

En esta última fase del proyecto se realizó la formulación de políticas de mejora para el sistema de accidentalidad vial de la ciudad San José de Cúcuta. Para el diseño de esta propuesta de políticas, se parte del análisis de los datos obtenidos de los escenarios concebidos en el objetivo anterior; para ello, se aprecia aquellas modificaciones donde se representan disminuciones en la cantidad de accidentes viales de motocicletas y se consideran las mejores formas en que la política establecida pueda ser aplicable al contexto de la ciudad.

4.4.1. Políticas de la educación y cultura vial. Con el fin de proponer una reducción de la accidentalidad vial por esta causa, se tuvo en cuenta el escenario del numeral 4.3.2, donde se demostró una disminución hasta del 30.88% de los accidentes viales, por lo que se propone aumentar al 12% la cobertura de sensibilización en educación vial para todos los actores viales, ya que, basados en la matriz de colisiones (tabla 19, y en los resultados obtenidos anteriormente se destaca la participación en siniestros viales de otros actores viales y la importancia que estos aprendan sobre educación vial. Cabe resaltar que, entre mayor sea la cobertura de educación vial, mejores resultados se obtendrán en cuanto a seguridad vial.

Tabla 46.

Políticas de la educación y cultura vial.

Política de mejora	Objetivo	Modificación	Propósito
Aumento de cobertura de educación vial.	Promover la educación vial de la población en la ciudad de san José de Cúcuta.	3.05% a 12% de la población	Busca aumentar las jornadas y cobertura de educación vial, mediante el desarrollo y fortalecimiento de aptitudes y conciencia vial con el objetivo de reducir considerablemente los accidentes de tránsito en la ciudad (Delgado, 2018).
Implementación de jornadas de educación vial en puntos críticos de accidentalidad vial	Desarrollar y fortalecer comportamientos y aptitudes de los actores viales en los puntos críticos de accidentalidad de motocicletas de la ciudad	Diseño y creación	Debido a que en estos lugares son más frecuente los accidentes viales, se implementen estrategias viales las cuales ayuden a disminuir su frecuencia.

4.4.2. Políticas de la regulación y control del crecimiento del parque automotor. Con el objeto de evitar y disminuir accidentes con otros actores viales se proponen políticas en relación al comportamiento del parque automotor de la ciudad a partir de los escenarios E2 y E4, se proponen las políticas que buscan controlar el parque automotor de la ciudad, las cuales se muestran en la tabla 47.

Tabla 47.

Políticas de la regulación y control del crecimiento del parque automotor.

Política de mejora	Objetivo	Modificación	Propósito
Control de la cantidad de vehículos en la movilidad de la ciudad.	Regular la cantidad de motocicletas en el sistema de movilidad de la ciudad	Controlar gradualmente	Reforzar y fomentar estrategias y restricciones de cumplimiento de requisitos de circulación de vehículos con el fin de descongestionar el tráfico vial como lo son: vigilancia de documentación en regla y uso de implementos de seguridad
Pico y placa de la ciudad de San José de Cúcuta	Descongestionar la movilidad vial de la ciudad	Crear pico y placa para motocicletas	Se debe partir desde un estudio para establecer variables y recursos tanto cualitativos como cuantitativos para formalizar un sistema de pico y placa de motocicletas
		Rediseñar el sistema pico y placa para automóviles	Se debe partir desde un estudio para establecer variables y recursos tanto cualitativos como cuantitativos para reforzar o crear un sistema de pico y placa para automóviles.
Mejora del servicio sistema de transporte público de la ciudad.	Reducir el uso de vehículos particulares mediante la promoción e incentivación del uso del transporte público.	Rediseñar la estructura del sistema del transporte público de la ciudad.	Incentivar el uso del transporte público a la población de la ciudad con el fin de disminuir la congestión vial y consigo los accidentes de tránsito (Villaveces & Silveria Rodríguez, 2009).
Control de vehículos fuera de uso	Reducir la cantidad de vehículos que no cuentan con disposiciones para circular.	Aumento de 26.25% al 36%	Para disminuir la cantidad de vehículos de la ciudad, se recomienda realizar control en la tasa de vehículos que salen fuera de uso o que ya cumplieron con su tiempo de servicio, para esto se recomienda fomentar los beneficios de la chatarrización de vehículos para la modernización del parque automotor

4.4.3. Políticas del mantenimiento de red vial. A partir del escenario 2 (E2) del numeral 4.3.4, se aprecia que al aumentar en cierta medida el presupuesto para el mantenimiento de vías reduce los km de red vial en mal estado y consigo mismo en la cantidad de accidentes por vías en

mal estado, aun así, aunque en el escenario se propuso aumentar un 10% el presupuesto que es una cantidad muy alta de dinero, tan solo se disminuyen 3 accidentes, por lo que quizás se analiza estudiar otras posibilidades de optimización de los recursos para lograr mantener las vías en buen estado. Con el fin de lograr mantener la red vial en óptimas condiciones y disminuir la accidentalidad se propone:

Implementar estudios técnicos sobre los diferentes componentes de la estructura vial, de tal forma que se utilicen mejores materiales y tecnologías con el fin de que los pavimentos y componentes viales se deterioren en menor porcentaje respecto al que se tiene.

Implementación de técnicas de optimización de recursos con el fin de sacar el mayor provecho a los recursos que se disponen para el mantenimiento de vías.

Tabla 48.

Políticas del mantenimiento de red vial.

Política de mejora	Objetivo	Modificación	Propósito
Mantenimiento de infraestructura vial de la ciudad.	Realizar mantenimiento a la red vial de la ciudad manera óptima y trasparente	Optimización de los recursos Anticorrupción	Mejorar las condiciones de la infraestructura vial para los diferentes actores viales.

4.4.4. Mejora esperada a partir de las políticas propuestas. Teniendo en cuenta la información analizada y las políticas propuestas en el presente proyecto se procedió a modificar los valores de las variables consideradas anteriormente, para realizar una comparación de resultados entre la simulación inicial (datos) y la mejora propuesta. De lo anterior se obtuvo una disminución del 33.66% en la accidentalidad vial de motocicletas en la ciudad de san José de Cúcuta durante el periodo de simulación (del año 2020 al 2030) lo cual se puede observar en la figura 48.

Dicha mejora se obtuvo de la modificación las variables:

- Población sensibilizada mediante normatividad y educación vial, se aumentó 12%

- Km de vía en mantenimiento se propone un aumento al 25% a partir de las políticas basadas en la filosofía Lean Construcción (Aslam et al., 2020).
- Tasa de vehículos fuera de uso se aumentó un 36%
- Motocicletas venezolanas se disminuyó un 30% el ingreso de estos vehículos al año
- Las tasas de aumento del parque automotor se fijaron como una meta de disminuirlas al 6% gradualmente ya que la tendencia es de crecimiento y la capacidad de la ciudad no está capacitada para ello.

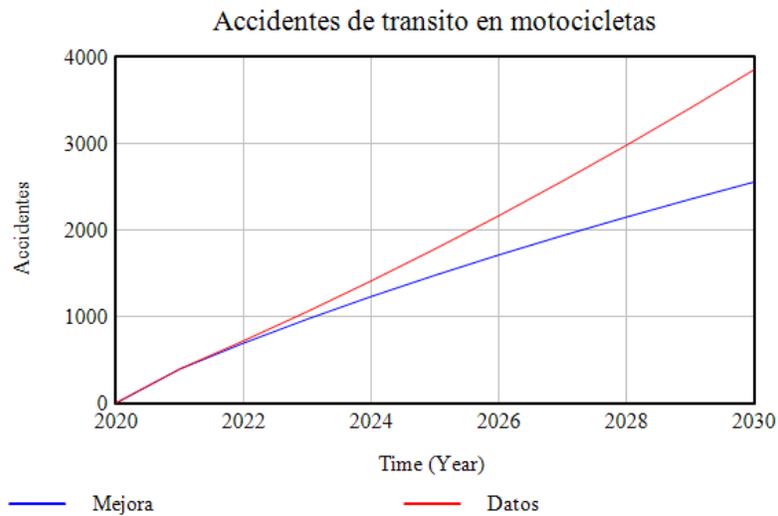


Figura 68. Accidentes de tránsito en motocicletas esperados con la mejora propuesta.

Conclusiones

Realizar una caracterización de la accidentalidad vial de motocicletas en la ciudad San José de Cúcuta, permitió tener un panorama más amplio del entorno (infraestructura), los factores que influyen en el sistema de la accidentalidad vial (causas), el papel que desempeña cada actor vial, la logística de accidentes junto con la normatividad que la regula, durante el proceso de recopilación de la información se encontró como deficiencia la falta de información actualizada, históricos de base de datos, de fuentes de información y desorganización, lo cual indica que no hay una entidad en la ciudad encargada de la recopilación y análisis de dicha información que aporte a los planes estratégicos de mejora en la seguridad vial de la ciudad.

Gracias al estudio realizado se encontró que la motocicleta es el vehículo más usado a nivel nacional, a su vez es el vehículo con mayor accidentalidad, según los registros, pues a nivel nacional están presentes en el 80% de los accidentes, de igual forma en la ciudad son el 55% de participación en los casos. Los accidentes de tránsito no discriminan género, edad, habilidad, tipo de vehículo, ni condición de actor vial, ya que estos suceden para todos los casos en cualquier situación en las vías de San José de Cúcuta, en su mayoría, los accidentados con mayor frecuencia en la ciudad son los hombres (66.81 %) con respecto a las mujeres (33.19 %).

Los jóvenes entre los 20 a 30 años, son los que más se accidentan en la ciudad. Hay mayor cantidad de accidentados en los estratos bajos debido a las facilidades de adquisición de motocicletas en la ciudad. Generalmente los días con mayor cantidad de accidentes con mortalidad son los fines de semana (viernes, sábado y domingo) y las horas con mayor cantidad de accidentes en el último año son entre las 18 y 22 horas del día (30%).

De las causas encontradas en los accidentes de motocicletas como se afirma en la teoría el factor humano es el que más causas de accidentes de tránsito tanto a nivel general como en usuarios de motocicletas, en este caso son participes del 71. 24% según las hipótesis de los datos recolectados en las que mayor se destaca las que se relacionan a la desobedecer normas de tránsito, debido a los bajos niveles de educación y cultura vial de los conductores y otros actores viales, lo que demuestra una gran falencia en la responsabilidad vial entre los ciudadanos.

El alto porcentaje de accidentes de tránsito a nivel general con respecto al factor humano refleja la necesidad de crear cultura vial en toda la ciudadanía y actores viales.

En cuanto a los efectos de la accidentalidad vial, surgen 3 tipos de accidentes: lesionados (heridas poco graves), morbilidad (perdida de movilidad motriz) y mortalidad (perdida de la vida), en el sistema de datos de la ciudad tan solo se tiene en cuenta los accidentes con lesionados o con mortalidad, lo cual genera vacíos en la información para la interpretación de los mismos.

Para obtener el modelo de simulación, inicialmente se realizó un bosquejo inicial y se subdividió en subdiagramas los cuales se iban integrando y desarrollando variables y elementos mediante el error y ensayo una y otra vez hasta establecer un modelo flexible pertinente al problema estudio del proyecto.

Por otro lado, se estableció un modelo de simulación de dinámica de sistemas mediante el software Vensim PLE, donde se definieron 91 variables (13 de nivel, 23 de flujo, 23 auxiliares y 32 constantes), se logró entender el comportamiento de la accidentalidad vial en motocicletas en la ciudad de San José de Cúcuta, por ello, se concibe desde la perspectiva del pensamiento sistémico, por lo cual se considera como el modelo de un sistema complejo debido a que incluye bucles de realimentación y se integra a una realidad social, este se enfoca hacia los motociclistas principalmente y a otros actores viales, de la misma forma se presentan como otros factores y

elementos en el sistema interactúan de forma relevante con la accidentalidad vial, de donde se confirma las falencias del sistema reflejadas en el diagnóstico.

El modelamiento y diseño de los diagrama causales iniciales permitió detallar ciertas variables que, aunque no están directamente implicadas con la problemática afectan al sistema de manera significativa, por ejemplo, en el diagrama causal de infraestructura el presupuesto establecido para el mantenimiento de vías impacta en el número de accidentes que pueden ocurrir por vías en mal estado durante los periodos simulados y a su vez, este presupuesto depende de los rubros que el ente encargado destine durante sus periodos de mandato. Otra variable de vital importancia para el modelo es la población de la ciudad, puesto que cada persona cumple un rol como actor vial, la disminución o aumento de la misma influye en todo el sistema de accidentes viales en motocicletas.

Debido a que la variación y evolución del modelo de simulación en su mayoría de influencias depende de la población de la ciudad, arroja altos resultados de accidentes de tránsito durante el periodo de simulación.

En la simulación realizada el factor Cultura del motociclista sigue predominando como causa principal en la proyección de 10 años, lo cual generó la oportunidad para crear escenarios de mejoras.

En la creación de escenarios de mejoras se eligieron 3 diagrama causales: Cultura del motociclista, poblacional e infraestructura vial, las cuales se seleccionaron bajo criterios de frecuencia, participación y que la generación de políticas sea aplicable, flexible y concisa con el entorno y disposiciones de la ciudad. Dichos escenarios se recrearon modificando las variables a las cuales se les puede hacer cambios en la realidad de la ciudad, de lo cual se tuvo en cuenta que los resultados sean las bases de la propuesta de políticas de mejora.

Los escenarios concebidos arrojaban aumentos hasta el 44% y disminuciones hasta del 20% de los accidentes en los accidentes de tránsito en el periodo de simulación (2020 al 2030); de los cuales se tuvo que analizar una cifra razonable para la creación de las políticas de mejora.

Debido a la alta participación del factor de cultura del motociclista en accidentalidad vial de motocicletas, se crearon políticas de mejora con respecto a la ampliación de cobertura de la sensibilización y educación vial para conductores y actores viales, pues se obtuvo como resultados de la simulación que su alcance es muy bajo en relación a la población de usuarios de motocicletas. También, se crearon políticas para el control y regulación en la cantidad de vehículos de la ciudad, además, se proponen la creación y reestructuración programas como pico y placa para motocicletas y vehículos automóviles; la mejora y promoción del sistema de transporte público urbano con el fin de que las personas prefieran usar este medio de transporte y descongestionar las vías de la ciudad. Como últimas propuestas se sugiere que se implementen técnicas para mejorar la infraestructura vial, el mantenimiento y la duración en buen estado de las mismas.

Recomendaciones

Se recomienda a las autoridades e instituciones de la ciudad encargadas de la movilidad vial y seguridad vial de crear, mejorar y controlar los procesos de recolección y archivo de la información de accidentes de tránsito para lograr obtener un sistema de información más completo, actualizado y de fácil disponibilidad para posteriores estudios. De manera que esta información recolectada pueda ser medible con el objeto de crear a partir de su análisis mejoras estratégicas para disminución de índices de accidentalidad.

Se recomienda a las autoridades competentes en la temática, concebir las políticas propuestas para que a partir de estas se conciban mejoras al sistema de movilidad, tránsito y accidentalidad donde interactúan los actores viales, ya que estas pueden ser adaptables a situaciones reales de la ciudad.

Se recomienda aumentar la cobertura e intensificar las campañas de responsabilidad y cultura vial, de modo que abarque el mayor número posible de actores viales (como lo son conductores, pasajeros, ciclistas, peatones, entre otros), desde tempranas edades (en el inicio de su educación) para formar ciudadanos conscientes del papel que desempeñan en las vías, ya que según el estudio la mayor accidentalidad se da por dichas causas culturales en jóvenes adultos.

Se recomienda estudiar las mejoras de otras problemáticas asociadas de indirectamente con los procesos de movilidad de la ciudad y de las instituciones que la controlan, buscando obtener el bien común de sus habitantes, ya que en el modelo propuesto se pueden apreciar variables indirectas de carácter cualitativo y cuantitativo que afectan el sistema de accidentalidad, como lo son la falta de un modelo de movilidad estructurado en la ciudad, calidad del transporte público, mantenimiento de las vías, presupuestos, entre otros.

Se recomienda a las entidades de control en temática de movilidad o tránsito vial tener en cuenta la academia como punto de partida para el estudio de situaciones actuales que vive la ciudad en dichas temáticas, de modo que se creen proyectos de mejoras, dando soluciones más reales a lo que se vive en la actualidad.

Bibliografía

- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2018). *Siniestros de Transito Municipales*. <https://ansv.gov.co/observatorio/?op=Contenidos&sec=63&page=17>
- Aguilar, A., Capacho, N., Cáceres, S., & Castro, D. (2017). Movilidad y accidentalidad vial: justificación y logros de las medidas de restricción de motocicletas en Cúcuta1. *Derechos Humanos Desde Una Perspectiva Socio-Jurídica*, 66, 551–572.
- Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta. (2015). *Decreto N° 1051 del 07 de diciembre del 2015*. <https://cucutanortedesantander.micolombiadigital.gov.co/tema/presupuesto>
- Decreto N° 1011 del 16 de diciembre del 2016, (2016). <https://cucutanortedesantander.micolombiadigital.gov.co/tema/presupuesto>
- Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta. (2017). *Decreto N° 0767 del 12 de diciembre del 2017*. <https://cucutanortedesantander.micolombiadigital.gov.co/tema/presupuesto>
- Decreto N° 1131 del 26 de diciembre del 2018, (2018). <https://cucutanortedesantander.micolombiadigital.gov.co/tema/presupuesto>
- DECRETO 0796 DEL 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2019, (2019).
- Decreto N° 0966 del 11 de diciembre del 2019, (2019). <https://cucutanortedesantander.micolombiadigital.gov.co/tema/presupuesto>
- Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta. (2019a). *SETRA CÚCUTA PRESENTA LA RENDICIÓN DE CUENTAS 2016 – 2019*. <http://www.cucuta-nortedesantander.gov.co/noticias-735287/setra-cucuta-presenta-la-rendicion-de-cuentas-2016-2019>
- Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta. (2019b, October). *SETRA CÚCUTA PRESENTA LA RENDICIÓN DE CUENTAS 2016 – 2019 - Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta*. <http://www.cucuta-nortedesantander.gov.co/noticias-735287/setra-cucuta-presenta-la-rendicion-de-cuentas-2016-2019>
- Alver, Y., Demirel, M. C., & Mutlu, M. M. (2014). Interaction between socio-demographic characteristics: Traffic rule violations and traffic crash history for young drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 72, 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.06.015>
- AMC. (2015a). *Área Metropolitana De Cúcuta*. <https://fdocumento.com/amp/document/plandesarrollo2012-2015pdf.html>
- AMC. (2015b). *Área Metropolitana De Cúcuta*. 1–94. <https://fdocumento.com/amp/document/plandesarrollo2012-2015pdf.html>
- ANDI. (2017). *Las motocicletas en Colombia: Cara a Cara Comunicación Integral*. <http://www.andi.com.co/Uploads/LasMotocicletasEnColombia.pdf>
- ANDI. (2019). *Las Motocicletas en Colombia: Las motocicletas aliadas del desarrollo del país* (Vol. 2). [http://www.andi.com.co/Uploads/Estudio Motos 2019 \(1\).pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/Estudio Motos 2019 (1).pdf)
- ANDI. (2020). *Informe Del Sector Automotor*. 1. http://web.econometria.com.co/images/Vehiculos/Avance_Abr_2015.pdf
- ANSV. (2019). *Registro Nacional Automotor*. <https://ansv.gov.co/observatorio/index7d2c.html?op=Contenidos&sec=64>
- ANSV, & ONSV. (2018). *Cifras para Norte de Santander*. https://ansv.gov.co/observatorio/public/documentos/Boletín_Norte de Santander.pdf
- Aracil, J. (1979). Capítulo 2 Elementos De La Dinamica De Sistemas 1. In S. A. Alianza Editorial

- (Ed.), *Introducción a la dinámica de sistemas* (primera ed, pp. 39–83). http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse5/minisite/pdf/Literatura/Aracil_Gordillo_DS.pdf
- Aracil, J. (2006). *Dinámica de sistemas* (Isdefe (ed.); Cuarta Edición). https://www.academia.edu/8563256/Dinámica_de_sistemas_Javier_Aracil
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación* (EDITORIAL EPISTEME C.A (ed.); Sexta Edición). https://www.academia.edu/23573985/El_proyecto_de_investigación_6ta_Edición_Fidias_G_Arias_FREELIBROS_ORG
- Aron, M., Billot, R., Faouzi, N. E. El, & Seidowsky, R. (2015). Traffic indicators, accidents and rain: Some relationships calibrated on a French urban motorway network. *Transportation Research Procedia*, 10(July), 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.053>
- Aslam, M., Gao, Z., & Smith, G. (2020). Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123295. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123295>
- ASOCDA. (2019). *Cifras de la RTM y EC en Colombia*. <https://www.aso-cda.org/wp-content/uploads/2019/03/CIFRAS-CONSOLIDADO-2018.pdf>
- Auteco. (2019). *Consumidores En Colombia Prefieren Comprar Moto Nueva*. <https://blog.auteco.com.co/motos/consumidores-en-colombia-prefieren-comprar-moto-nueva/>
- Banco de la República. (2020). *Información Total y Meta*. <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inflacion-total-y-meta>
- Banco Mundial. (2020). *Esperanza de Vida*. https://www.google.com/publicdata/explore?ds=d5bncppjof8f9_&met_y=sp_dyn_le00_in&idim=country:COL:ARG:VEN&hl=es&dl=es#!ctype=1&strail=false&bcs=d&nslm=h&met_y=sp_dyn_le00_in&scale_y=lin&ind_y=false&rdim=world&idim=country:COL&ifdim=world&tstart=-29011320
- Bastidas, J., & Quintero, M. (2012). *Análisis Causal Multinivel De Accidentes De Tránsito En La Ciudad De Cúcuta* [PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11177>
- Camargo, T. (2019). *Caracterización y determinación de las variables que inciden en la accidentalidad en usuarios de moto en bogotá, por medio de regresión logística múltiple*. [Fundación Universitaria Los Libertadores]. https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/2041/Camargo_Teodiceldo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cantor, M., Mojica, L., Osorio, Y., Quintero, Y., & Rodríguez, C. (2015). *La Percepción del Riesgo de Accidentalidad de los Estudiantes Presenciales Motociclistas de la Universidad Francisco Paula Santander, en Cúcuta Durante el Primer Semestre del 2015*. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewig_HG9fPsAhVwplkKHx69CnkQFjABegQIChAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ufps.edu.co%2Fufps%2FIIsemanainternacional_cyt%2Fmedia%2FMEMORIAS%2520SEMANA%2520CYT2015.pdf&usg=AOvVaw1qkyp5eB8vOLLAqjHc
- Checa, E., & Ceamanos, R. (1997). *Diccionario de términos de tráfico, circulación y seguridad vial* (A. E. de C. M. Psicotécnicos (ed.)).
- Christoforou, Z., Karlaftis, M. G., & Yannis, G. (2013). Reaction times of young alcohol-impaired drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 61, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.030>

- Concejo Municipal de San José de Cúcuta. (2019). *Plan de Desarrollo 2016-2019*.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2017). *Accidentes de tránsito su impacto socioeconómico en la familia*. 99. <http://desarrollo.org.py/admin/app/webroot/pdf/publications/22-03-2017-09-38-45-405514701.pdf>
- Contraloría municipal de San José de Cúcuta oficina de control fiscal. (2018). *Informe final auditoria especial al contrato de concesión de Alumbrado Público- contrato 2643 del 2016 – Tramite radicado Q-8-18*. https://contraloria-municipal-de-cucuta.micolombiadigital.gov.co/sites/contraloria-municipal-de-cucuta/content/files/000228/11356_informe-final-alumbrado-publico.pdf
- Crundall, D., Chapman, P., Trawley, S., Collins, L., Van Loon, E., Andrews, B., & Underwood, G. (2012). Some hazards are more attractive than others: Drivers of varying experience respond differently to different types of hazard. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 600–609. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.09.049>
- DANE. (2019a). *Proyecciones de Población 2018 - 2020*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- DANE. (2019b). *Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda San José de Cúcuta, Norte de Santander*. <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/190806-CNPV-presentacion-Norte-de-Santander.pdf>
- DANE. (2020). *Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros (ETUP)*. <https://doi.org/https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/transporte/encuesta-d>
- Dawson, D., Reynolds, A. C., Van Dongen, H. P. A., & Thomas, M. J. W. (2018). Determining the likelihood that fatigue was present in a road accident: A theoretical review and suggested accident taxonomy. *Sleep Medicine Reviews*, 42, 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2018.08.006>
- De Lapparent, M. (2006). Empirical Bayesian analysis of accident severity for motorcyclists in large French urban areas. *Accident Analysis and Prevention*, 38(2), 260–268. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.09.001>
- Delgado, M. (2018). *Análisis del impacto de campañas de mercadeo social en pro de “tomar y no manejar” en cinco países latinoamericanos entre los años 2000 y 2015* [Universidad Autónoma de Occidente]. <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/10640/5/T08308.pdf>
- Departamento Administrativo De Planeación Municipal. (2019). *Comunas*. <http://www.cucuta-nortedesantander.gov.co/pot-980890/pdf-mapas-base>
- DNP. (2018). *Plan integral de tránsito y transporte*. http://www.amc.gov.co/informacion/proyectos/transportemasivo/INFORME3/5_Acciones.pdf
- DNP, & MINTRANSPORTE. (2016). Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito. *Mintra*, 1–34. <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/pavimento/PTpavimento.pdf>
- Duque, G. (2007). *Introducción A La Economía Del Transporte* (Vol. 66). <http://www.bdigital.unal.edu.co/1567/1/gonzaloduqueescobar.2007.pdf>
- Ellison, A. B., & Greaves, S. P. (2015). Speeding in urban environments: Are the time savings worth the risk? *Accident Analysis and Prevention*, 85, 239–247. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.09.018>

- Evans, L. (1996). The dominant role of driver behavior in traffic safety. *American Journal of Public Health*, 86(6), 784–786. <https://doi.org/10.2105/AJPH.86.6.784>
- FCTA, & ACOTRAL. (2016). *Información para Conductores Profesionales. Tiempos de Conducción, Carné por Puntos y Caps*. <http://tusaludnoestaennomina.com/wp-content/uploads/2016/02/GUÍA-PARA-CONDUCTORES-PROFESIONALES.pdf>
- Fountas, G., Pantangi, S. S., Hulme, K. F., & Anastasopoulos, P. C. (2019). The effects of driver fatigue, gender, and distracted driving on perceived and observed aggressive driving behavior: A correlated grouped random parameters bivariate probit approach. *Analytic Methods in Accident Research*, 22, 100091. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2019.100091>
- Gabinete Municipal. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal Cúcuta 2050, Estrategia de Todos*. http://cucutanortedesantander.micolombiadigital.gov.co/sites/cucutanortedesantander/content/files/000747/37325_pdm-san-jose-de-cucuta-2020--2023.pdf
- Google Earth. (2019). *San Jose de Cúcuta*. <https://earth.google.com/web/@7.90876005,-72.5044205,312.92386137a,23025.89780816d,35y,0h,0t,0r>
- Grandjean, E. (1979). Fatigue in industry. *British Journal of Industrial Medicine*, 36(3), 175–186. <https://doi.org/10.2105/ajph.12.3.212>
- Haque, M. M., Chin, H. C., & Huang, H. (2009). Modeling fault among motorcyclists involved in crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 41(2), 327–335. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.12.010>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la investigación*. https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci3n_Sampieri.pdf
- Hidalgo Fuentes, S. (2015). *Estudio descriptivo de la accidentalidad de motocicletas scooter en españa (2006-2011)*. 268. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=79263>
- IDEAM. (2020). *Tiempo y Clima*. http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-mensual?p_p_id=110_INSTANCE_xYvIPc4uxk1Y&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=2
- INMLCF. (2017a). *3-Muertes Transporte Tableros Año 2016*. <https://www.medicinalegal.gov.co/cifras-de-lesiones-de-causa-externa>
- INMLCF. (2017b). *8-Lesiones Transporte Tableros Año 2016*. <https://www.medicinalegal.gov.co/cifras-de-lesiones-de-causa-externa>
- INMLCF. (2017c). *Forensis. 1*, 401–439. <https://www.medicinalegal.gov.co/cifras-estadisticas/forensis>
- INMLCF. (2018a). *3-Muertes por accidentes de transporte*. <https://www.medicinalegal.gov.co/cifras-de-lesiones-de-causa-externa>
- INMLCF. (2018b). *8-Lesiones por accidentes de transporte*. <https://www.medicinalegal.gov.co/cifras-de-lesiones-de-causa-externa>
- INMLCF. (2018c). *Informe Forensis 2017. Forensis*, 19(1), 563. <https://www.medicinalegal.gov.co/cifras-estadisticas/forensis>
- INMLCF. (2018d). *Lesiones Fatales Junio 2018*.
- INMLCF. (2019a). *3-Muertes por accidentes de transporte*. <https://www.medicinalegal.gov.co/cifras-de-lesiones-de-causa-externa>
- INMLCF. (2019b). *8-Lesiones por accidentes de transporte*. <https://www.medicinalegal.gov.co/cifras-de-lesiones-de-causa-externa>
- INMLCF. (2019c). *Forensis. Grupo Centro de Referencia Nacional Sobre Violencia (GCRNV), 1*, 430. <https://www.medicinalegal.gov.co/cifras-estadisticas/forensis>

- INTRAS. (2014). *Programa de Intervención, Sensibilización Y Reeducción Vial*.
- Jaimes, A. (2016). *Modelo De Simulación Con Dinámica De Sistemas Para El Sistema Productivo De La Fabrica Calzado Briosos Y Blessing* [UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER]. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/164749.pdf>
- Jaramillo, J. (2018). *Mantenimiento preventivo y rutinario y/o rehabilitación de las vías rurales y urbanas (2017) del municipio de Victoria*. 1–26. http://victoriacaldas.micolombiadigital.gov.co/sites/victoriacaldas/content/files/000372/18597_37mantenimiento-de-vias-2017.pdf
- Li, G., Braver, E. R., & Chen, L. H. (2003). Fragility versus excessive crash involvement as determinants of high death rates per vehicle-mile of travel among older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 35(2), 227–235. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00107-5](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00107-5)
- MinAmbiente. (n.d.). *Manual Ambiental para el Tratamiento de Vehículos al Final de su Vida Útil o Desintegración Vehicular* (Issue 8). https://www.minambiente.gov.co/images/Atencion_y_participacion_al_ciudadano/Consulta_Publica/160514_manual_amb_vehiculos.pdf
- Minenergía. (2019). *Precios de Combustibles Año 2019*. <https://www.minenergia.gov.co/precios-ano-2019>
- Ministerio de Transporte. (2018). *Transporte en cifras estadísticas*. 62. <https://www.mintransporte.gov.co/documentos/15/estadisticas/>
- Minsalud. (2019a). Guía para la implementación de la estrategia de movilidad segura, saludable y sostenible. *Procede Del Padre y Del Hijo*. <https://doi.org/10.3726/978-3-0352-0094-2/1>
- Minsalud. (2019b). Guía para la implementación de la estrategia de movilidad segura, saludable y sostenible. *Procede Del Padre y Del Hijo*. <https://doi.org/10.3726/978-3-0352-0094-2/1>
- Morlán Santa Catalina, I. (2010). *Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria*. <http://www.ehu.es/i.morlan/tesis/memoria/TesisIM04.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (2017). *La velocidad y los Siniestros Viales*. https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&Itemid=270&gid=39851&lang=es
- LEY 769 DE 2002, 96 1 (2002). http://www.oas.org/juridico/spanish/mesicic2_col_ley_769_2002.pdf
- Policía Nacional de Tránsito - Seccional Cúcuta. (2020). *Informe de accidentalidad vial*.
- Portafolio. (2020). *La red vial terciaria se hará bajo pliegos tipo o estandarizados*. <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/la-red-vial-terciaria-se-hara-bajo-pliegos-tipo-o-estandarizados-507341>
- Presidencia de la República. (2019, March 29). *Avanza construcción de la primera de tres nuevas intersecciones viales en Cúcuta*. <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/190329-Avanza-construccion-de-la-primera-de-tres-nuevas-intersecciones-viales-en-Cucuta.aspx>
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española*. <https://dle.rae.es/contexto>
- Acuerdo No. 010 de 14 junio 2016. Plan de Desarrollo para el cuatrienio 2016-2019 “SI SE PUEDE PROGRESAR,” 276 (2016).
- Rubio, A. (2016). *Desarrollo y aplicación de un modelo de dinámica de sistemas para la gestión integral del sistema Júcar* [Universitat Politècnica de Valencia]. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/74562/Rubio - Desarrollo y aplicación de un modelo de dinámica de sistemas para la gestión integral del....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/74562/Rubio_-_Desarrollo_y_aplicación_de_un_modelo_de_dinámica_de_sistemas_para_la_gestión_integral_del....pdf?sequence=1)
- Rumar, K. (2000). Transport Safety Visions, Targets and Strategies: Beyond 2000. *European*

- Transport Safety Council ETSC, Brussels, January 1999.*
- RUNT. (2019). *Boletín de Prensa 001 de 2019 CIFRAS RUNT: BALANCE 2018 Las motos continúan reinando en Colombia.* 2018–2019.
- RUNT. (2020). *Boletín de Prensa 001 de 2020 CIFRAS RUNT: BALANCE 2019.* 2019–2020. [https://www.runt.com.co/sites/default/files/Boletín de Prensa 001 2020.pdf](https://www.runt.com.co/sites/default/files/Boletín%20de%20Prensa%20001%202020.pdf)
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2018). *PESV 2018 - 2020.* 1–124.
- Sterman, J. D. (2003). *System Dynamics: Systems Thinking and Modelling For a Complex World. ESD Internal Symposium.*
- Turbo. (2018). *Conducir bajo la lluvia aumenta el riesgo de accidente.* <http://www.revistaturbo.com/noticias/conducir-bajo-la-lluvia-aumenta-el-riesgo-de-accidente-677>
- Union Temporal Planeando Cúcuta. (2017). *Proceso de Revisión Ordinaria Del Plan De Ordenamiento Territorial - POT.* https://cucutanortedesantander.micolombiadigital.gov.co/sites/cucutanortedesantander/content/files/000084/4183_producto-21_documento-conclusiones.pdf
- Velez, D., Lugo, L., Cano, B., Castro, P., & García, H. (2016). Costos de atención y rehabilitación de pacientes con lesiones por accidentes de tránsito en el mundo. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 34(2). <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v34n2a11>
- Villaveces, A., & Silveria Rodríguez, E. (2009). *Defensa del transporte público seguro y saludable: fomento de la participación del sector sanitario en un marco multisectorial.* (Advocating for Safe and Healthy Public Transportation (ed.)). Organizacion Panamericana de la Salud. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/28274/9789275331408_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Votey, H. (1983). *Control of Drunken Driving Accidents in Norway : an Econometric Evaluation of Behavior Under Uncertainty.* *ll*, 153–166. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0047-2352\(83\)90050-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0047-2352(83)90050-8)

Anexos

Anexo 1. Entrevista diagnóstico.

 <p>Universidad Francisco de Paula Santander Vigilada Mineducación</p>	<p>Proyecto "Diseño de un Modelo de Dinámica de Sistemas para el Análisis de la Accidentalidad Vial de Motocicletas en la Ciudad de San José de Cúcuta"</p> <p>Universidad Francisco de Paula Santander San José de Cúcuta</p>
	<p>Fecha _____</p>
	<p>Entidad _____</p>
	<p>Nombre: _____</p> <p>Cargo: _____</p>
<p>La presente entrevista es considerada un instrumento para la recopilación de información de uso investigativo por los estudiantes John Alexander Basto Villamizar y Yuzaira Cecilia Caballero Rincón de la Universidad Francisco de Paula Santander del programa de Ingeniería Industrial, Cuyo objetivo diagnosticar el sistema actual de movilidad y tráfico vial en la ciudad San José de Cúcuta de motocicletas a través de una caracterización determinando variables, recursos y medios que inciden en la accidentalidad, en la ciudad de San José de Cúcuta- Norte de Santander.</p>	
<p>1. ASPECTOS PRELIMINARES</p>	
<p>Una breve reseña de la institución ¿Cómo se compone secretaria? ¿Tienen un área encargada de accidentalidad vial?</p>	
<p>2. INFRAESTRUCTURA</p>	
<p>Caracterización y composición de la red vial ¿Cómo se estructura el sistema vial? ¿Cómo se compone el sistema vial? ¿Actualmente cómo es el estado de la red vial? ¿Cómo se clasifica la red vial? ¿Cuántos km de carretera existen en la ciudad? ¿Cómo opera el sistema de tránsito en la ciudad? ¿Qué sistemas de transporte y lineamientos de seguridad existen en la ciudad de Cúcuta? ¿Qué tecnologías se están utilizando en infraestructura vial en cuanto a señalización e iluminación de carretera? ¿Cómo es la tramificación de red de carreteras en la ciudad?</p>	
<p>3. ACCIDENTALIDAD Y SEGURIDAD VIAL</p>	

¿Cuál es el panorama de accidentalidad en la ciudad?
 ¿Qué parámetros de la vía, el tráfico y su entorno influyen en la seguridad vial?
 ¿Cuáles son las fases que componen un accidente de tránsito?
 ¿Cómo funciona la logística de atención de accidentes en la ciudad?
 ¿Cifras de accidentalidad en motos de los últimos 3 años?
 ¿Cuentan con sistemas de información geográficos de accidentalidad? Cómo funciona?
 Cifras de: número de accidentes por km de carretera y número de motorizados en la ciudad
 ¿Cuál es la metodología que se implementa para el análisis de la accidentalidad vial?
 ¿En la ciudad de Cúcuta cuántos y cuáles son los puntos o locaciones de alta accidentalidad?
 ¿Hay tramos blancos en la ciudad? Cuáles son?
 ¿Cuáles son los horarios de mayor accidentalidad, horas pico?
 ¿Qué estudios lo determinaron y que entidad lo ejecuto?
 ¿Qué Costos de atención de accidentes conlleva un accidente?
 ¿Qué tiene proyectado la secretaria a corto y mediano plazo en temas de seguridad vial?

4. MARCO LEGAL

Normatividad en accidentes Criterios de seguridad vial ¿Existen normativas especiales por ser zona de frontera?

5. ENTES DE CONTROL

Instituciones que regulan temas relacionados a accidentalidad
 Instituciones que intervienen durante el accidente

6. ESTUDIOS

Estadísticas los últimos 3 años de accidentalidad
 ¿Se han realizado estudios de movilidad en automotores?
 ¿Se han realizado campañas para disminución de accidentes? Han impactado las estadísticas?
 ¿Se han realizado estudios para determinar la pirámide de movilidad en los cucuteños?
 ¿Qué estudios de accidentalidad se han realizado en los últimos 3 años?

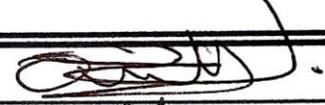
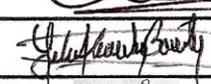
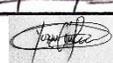
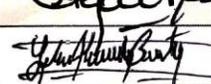
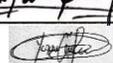
--

Entrevistado:		
Autores del Proyecto:	John Alexander Basto Villamizar	
	Yuzaira Cecilia Caballero Rincón	
Director del Proyecto:	Ing. Oscar Mayorga Torres	

Anexo 2. Resultados de la entrevista para el diagnóstico.

Entrevista 17 de febrero del 2020

 <p>Universidad Francisco de Paula Santander 1974-2019</p>	<p>Proyecto "Diseño de un Modelo de Dinámica de Sistemas para el Análisis de la Universidad Francisco de Paula Santander San José de Cúcuta"</p>
	<p>Fecha: <u>17 FEBRERO 2020</u> Entidad: <u>Secretaría de Tránsito y Transporte.</u> Nombre: <u>Oscar Pado</u> Cargo: <u>Subsecretario de Tránsito.</u></p>
<p>La presente entrevista es considerada un instrumento para la recopilación de información de uso investigativo por los estudiantes John Alexander Basto Villamizar y Yuzaira Cecilia Caballero Rincón de la Universidad Francisco de Paula Santander del programa de Ingeniería Industrial, cuyo objetivo diagnosticar el sistema actual de movilidad y tráfico vial en la ciudad San José de Cúcuta de motocicletas a través de una caracterización determinando variables, recursos y medios que inciden en la accidentalidad, en la ciudad de San José de Cúcuta-Norte de Santander.</p>	
<p>1. ASPECTOS PRELIMINARES</p>	
<p>Una breve reseña de la institución ¿Cómo se compone secretaria? ✓ <u>Digamigama -</u> ¿Tienen un área encargada de accidentalidad vial?</p>	
<p>2. INFRAESTRUCTURA</p>	
<p>Caracterización y composición de la red vial ¿Cómo se estructura el sistema vial? ¿Cómo se compone el sistema vial? <u>Pag 18 P.ESV.</u> ¿Actualmente cómo es el estado de la red vial? <u>P.ESV 20</u> ¿Cómo se clasifica la red vial? ¿Cuántos km de carretera existen en la ciudad? → <u>Pag 21</u> ¿Cómo opera el sistema de tránsito en la ciudad? ✓ ¿Qué sistemas de transporte y lineamientos de seguridad existen en la ciudad de Cúcuta? ¿Qué tecnologías se están utilizando en infraestructura vial en cuanto a señalización e iluminación de carretera? ¿Cómo es la tramificación de red de carreteras en la ciudad?</p>	
<p>3. ACCIDENTALIDAD Y SEGURIDAD VIAL</p>	
<p>¿Cuál es el panorama de accidentalidad en la ciudad? ¿Qué parámetros de la vía, el tráfico y su entorno influyen en la seguridad vial? ¿Cuáles son las fases que componen un accidente de tránsito? ¿Cómo funciona la logística de atención de accidentes en la ciudad? ¿Cifras de accidentalidad en motos de los últimos 3 años? ¿Cuentan con sistemas de información geográficos de accidentalidad? Cómo funciona? Cifras de: número de accidentes por km de carretera y número de motorizados en la ciudad ¿Cuál es la metodología que se implementa para el análisis de la accidentalidad vial? ¿En la ciudad de Cúcuta cuántos y cuáles son los puntos o locaciones de alta accidentalidad? ¿Hay tramos blancos en la ciudad? Cuáles son? ¿Cuáles son los horarios de mayor accidentalidad, horas pico? Que estudios lo determinaron y que entidad lo ejecuto? ¿Qué Costos de atención de accidentes conlleva un accidente? ¿Qué tiene proyectado la secretaria a corto y mediano plazo en temas de seguridad vial? ✓</p>	
<p>4. MARCO LEGAL</p>	
<p>Normatividad en accidentes Criterios de seguridad vial ¿Existen normativas especiales por ser zona de frontera?</p>	
<p>5. ENTES DE CONTROL</p>	

Instituciones que regulan temas relacionados a accidentalidad Instituciones que intervienen durante el accidente		
6. ESTUDIOS		
Estadísticas los últimos 3 años de accidentalidad		
¿Se han realizado estudios de movilidad en automotores?		
¿Se han realizado campañas para disminución de accidentes? Han impactado las estadísticas?		
¿Se han realizado estudios para determinar la pirámide de movilidad en los cucuteños? ✓		
¿Qué estudios de accidentalidad se han realizado en los últimos 3 años?		
Entrevistado:	Oscar Prada	
Autores del Proyecto:	John Alexander Basto Villamizar	
	Yuzaira Cecilia Caballero Rincón	
Director del Proyecto:	Ing. Oscar Mayorga Torres	
Entrevistado:	Intendente. Jose A. Chaparro Benitez	
Autores del Proyecto:	John Alexander Basto Villamizar	
	Yuzaira Cecilia Caballero Rincón	
Director del Proyecto:	Ing. Oscar Mayorga Torres	

Respuestas a las preguntas:

Una breve reseña de la institución

En los años 2016, 2017 y 2018 las instalaciones de la secretaria de transito estuvo ubicada en cenabastos ya que se tuvieron que trasladar por goteras y filtración de agua que causo daños en papelería y documentación en archivo

¿Cuántos km de carretera existen en la ciudad?

Actualmente existen 1460 Km de vías urbanas y 918 km de vías rurales

¿Cómo opera el sistema de tránsito en la ciudad?

La ciudad no cuenta con un sistema de transito estratégico establecido, es paupérrimo... estamos tratando de empezar a estructurar el sistema de transporte para Cúcuta, también estamos tratando de gestionar buses eléctricos para la ciudad

¿Qué sistemas de transporte y lineamientos de seguridad existen en la ciudad de Cúcuta?

Hoy en día, en la ciudad existen 11 empresas de transporte de pasajeros en la ciudad. En cuanto a lineamientos de seguridad vial están el PESV, legislación nacional y las campañas de seguridad vial.

¿Qué tecnologías se están utilizando en infraestructura vial en cuanto a señalización e iluminación de carretera?

Existen contratos con los consorcios los cuales se encargan de mantener la iluminación y señalización en buen estado

¿Cuál es el panorama de accidentalidad en la ciudad?

Esta información se puede encontrar en la dirección de la policía de tránsito y transporte de la ciudad, ya que mediante el convenio con la secretaria de tránsito y la alcaldía.

¿Qué tiene proyectado la secretaria a corto y mediano plazo en temas de seguridad vial?

Tenemos pensado gestionar un convenio con la agencia de seguridad vial para realizar campañas de seguridad vial en colegios y universidades, intervención de infraestructura para señalización horizontal y vertical. También, esta Información se puede encontrar con la policía de tránsito de Cúcuta, Normatividad en accidentes y Criterios de seguridad vial.

¿Existen normativas especiales por ser zona de frontera?

Sí, con los vehículos venezolanos para que puedan rodar por la zona, actualmente hay un aproximado de 50000 vehículos venezolanos registrados y entre 10000 y 15000 vehículos sin registrar, estos pagan un 30% del impuesto de rodamiento y el pico y placa aplica para todo el día.

¿Cuáles Instituciones que regulan temas relacionados a accidentalidad?

Cuando hay muertos acude la policía judicial, las ambulancias son por instituciones privadas dependiendo del soat de los implicados en el accidente

¿Se han realizado estudios de movilidad en automotores?

No, el más reciente fue el de la universidad nacional del año 2014

¿Se han realizado campañas para disminución de accidentes? ¿Han impactado las estadísticas?

Sí, por la agencia nacional de seguridad vial y si se ha impactado en la población ya que las estadísticas de accidentalidad han disminuido en los últimos años.

¿Se han realizado estudios para determinar la pirámide de movilidad en los cucuteños?

No existe para la ciudad de, nosotros tenemos planeado iniciar a implementarla.

¿Qué estudios de accidentalidad se han realizado en los últimos 3 años?

El plan estratégico de seguridad muestra lo que se determina en el plan de desarrollo.

Fotografías.



Fuente: Autores