



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**Accidentabilidad vial en los pasos peatonales de la ciudad de  
Medellin usando dinámicas de sistemas**

**Maira Alejandra Ortiz Martinez**

**Universidad de Antioquia  
Facultad Nacional de Salud Pública  
Medellin, Colombia  
2019**



**Accidentabilidad vial en los pasos peatonales de la ciudad de  
Medellin usando dinámicas de sistemas**

**Autor  
Maira Alejandra Ortiz Martinez**

**Tesis o trabajo de grado optar al título de  
Profesional en Gerencia de Sistemas de Información en Salud**

**Asesor:  
Hernán Darío Sepúlveda**

**Universidad de Antioquia  
Facultad Nacional de Salud Pública  
"Héctor Abad Gómez"  
Medellín, Colombia**

**2019**

## Tabla de contenido

1.Resumen .....	7
2.Planteamiento del problema .....	9
3. Justificación .....	11
4.Objetivos .....	14
4.1 Objetivo General .....	14
4.2 Objetivos Específicos .....	14
5. Marco Teórico .....	15
5.1 Utilización de sistemas dinámicos en la evaluación de fenómenos sociales. 15	
5.2 Modelo Poblacional .....	17
5.3 Estado del arte de los incidentes de tránsito desde lo global, nacional y local. .....	18
5.4 Infraestructura vial relacionada a la accidentabilidad. ....	22
5.5 Vías de circulación con alta densidad de tránsito.....	23
5.6 Percepción de la seguridad en el entorno .....	24
5.7 Responsabilidad del factor humano en los accidentes.....	25
5.8 Marco Geográfico.....	26
5.9 Infraestructura vial.....	27
5.0 Efectos de la migración en la dinámica poblacional .....	29
6.Metodología.....	32
6.1 Definición del sistema .....	33
6.2 Conceptualización y formulación del modelo .....	33
6.3 Diagrama causal del modelo teórico .....	34
6.4 Recolección y procesamiento de datos.....	34
6.5 Parámetros del modelo .....	35
6.6 Construcción del modelo .....	37
7.Diagramas causales.....	41

7.1 Diagrama causal del modelo teórico .....	41
7.2 Diagrama de flujos y niveles teórico .....	42
8.Discusión.....	43
9.Conclusiones y recomendaciones.....	45
10. Bibliografía .....	46

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Modelo Poblacional.....	17
<b>Figura 2.</b> Distribución anual del porcentaje de personas afectadas por accidentes en pasos peatonales.....	38
<b>Figura 3.</b> Distribucion anual del incremento del parque automotor .....	38
<b>Figura 4.</b> Diagrama causal del modelo observado.....	39
<b>Figura 5.</b> Diagrama de flujos y niveles simulado.....	42

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Parámetros del modelo.....	35
<b>Tabla 2.</b> Distribución de las tasas y valores de los diferentes flujos y niveles de los modelos para el año 2016.....	37

## 1.Resumen

La movilidad históricamente ha sido uno de los procesos más complejos y necesarios en el desarrollo de las comunidades, el cual ha influido de manera amplia en la calidad de vida y bienestar de las personas. Los incidentes viales donde se presenta como involucrados a peatones y vehículos son causados por el factor humano y por lo tanto prevenibles

**Objetivo:** Desarrollar un modelo computacional de dinámica de sistemas para comprender el comportamiento de la incidentalidad en los pasos peatonales permitidos en la ciudad de Medellín.

**Metodología:** Se realizó una búsqueda bibliográfica de los factores relacionados a los incidentes viales. Para permitir una mayor comprensión y modelación del problema utilizamos la dinámica de sistemas para observar las variables que influyen en la mortalidad; después se estructuró un modelo de flujo para presentar las relaciones donde se desensuelva la problemática en mención.

**Resultados:** Los principales hallazgos del modelo, es que permite visualizar el problema desde diferentes aspectos teniendo así mayor claridad de los factores que favorecen este tipo de eventos además de las consecuencias que se generan en el sistema.

**Palabras claves:** Accidentabilidad en pasos peatonales, parque automotor, Factores de riesgos, Perdida de vida útil, Incidencia, Dinámica de sistemas, Modelación, Simulación.

## **2.Planteamiento del problema**

La movilidad históricamente ha sido uno de los procesos más complejos y necesarios en el desarrollo de las comunidades, el cual ha influido de manera amplia en la calidad de vida y bienestar de las personas. Los incidentes viales donde se presenta como involucrados a peatones y vehículos son causados por el factor humano y por lo tanto prevenibles. Según datos de la secretaría de Movilidad de Medellín, entre 2007 y 2017 se registraron 300 muertes por año en accidentes de tránsito en la ciudad<sup>1</sup>.

De acuerdo a cifras del observatorio nacional de seguridad vial en el 2017 hubo 258 víctimas fallecidas en la ciudad de Medellín de las cuales 111 corresponden a peatones<sup>2</sup>. Cálculos internacionales realizados por la Organización Mundial de la Salud señalan que, por los incidentes viales, los países asumen costos que oscilan entre 1% y 3% del PIB. Un incidente vial genera una cadena de acontecimientos con consecuencias emocionales, sociales y económicas para el entorno en cuanto se afecta al estado, al sector privado, la sociedad y la víctima.

Juan Bocarejo, de la Universidad de los Andes, valoró los costos por incidentes viales en Colombia de 2008 a 2010; estimó que el país perdió en cada uno de esos años, casi 1% del PIB, unos 3 mil millones de dólares de 2010, cifra equivalente a 6 billones COP, lo que ese año correspondió a 4% del presupuesto nacional<sup>3</sup>.

Los incidentes viales en Medellín generan un costo en promedio de \$1.6 billones anuales; incluye el costo de las muertes y lesiones con su atención, daños materiales, congestión vial, movilización de funcionarios públicos, bomberos, cerramiento de vías para levantamientos, etc. De ese total 1/3 de los costos

corresponden a la atención en salud<sup>4</sup>. Sin embargo la cifra puede ser mayor por que no solo se atienden a los que se lesionan cada día; también los de incidentes anteriores que requieren tratamientos, controles y seguimiento médico; esto genera cifras muy altas para las instituciones implicadas.

Una de estas instituciones es la secretaria de Movilidad un organismo de la alcaldía con autonomía administrativa y financiera que tiene por objeto orientar y liderar la formulación de las políticas del sistema de movilidad para atender los requerimientos de desplazamiento de pasajeros y de carga en la zona urbana, tanto vehicular como peatonal.

Esta institución también se ve impactada ante la creciente inseguridad vial de la ciudad debido al despliegue de capital humano, tecnológico que podría ser orientado a otras de sus funciones. Todas las anteriores cifras de víctimas y altos costos reflejan que las acciones del estado y el sector privado no han sido suficientes para promover una movilidad segura, son el resultado de la falta de control y el incumplimiento generalizado de la norma. Todos los incidentes en las vías de la ciudad, que derivan en choques, heridos o muertos, son prevenibles. Así lo considera Humberto Iglesias, secretario de Movilidad de Medellín. Pese a ello, las cifras muestran que en el 2018 murieron 239 personas en las calles<sup>5</sup>.

El mal comportamiento de los conductores y la falta de consideración hacia el peatón son factores determinantes en los incidentes viales. Lo anterior podría asociarse a que no hay continuidad en las campañas viales y no hay enfoques que permitan que el peatón se empodere de sus derechos y deberes en las vías.

### 3. Justificación

El costo mundial de la accidentalidad de tránsito se estima en US\$518.000 millones anuales, de los cuales US\$65.000 millones corresponden a los países de ingresos bajos y medianos. La accidentalidad de tránsito actualmente ocupa el noveno lugar como causa de muerte en el mundo entero y se espera que llegue al sexto lugar en el año 2020; además, como la mayoría de las víctimas son jóvenes, la accidentalidad de tránsito se ha convertido en la segunda causa de reducción de la expectativa de vida en el mundo<sup>6</sup>.

En consideración a las cifras indicadas por diferentes organismos y a los devastadores efectos personales, familiares y socioeconómicos que conlleva los incidentes viales, se demuestra la necesidad de establecer y ejecutar iniciativas que apoyen la estabilización y disminución de los índices de incidentes viales en la ciudad de Medellín. En este caso, las colisiones entre vehículos y transeúntes están ligadas principalmente a factores como desconocimiento, negligencia e intolerancia, y mutan a un fenómeno de irresponsabilidad social. Su disminución debería ser un objetivo político y alcanzable en toda administración. La Movilidad Segura es tema de naturaleza pública, un derecho consagrado en el artículo 24 de la Constitución Política. Cobra especial relevancia para los territorios en tanto, si la movilidad carece de condiciones para ser segura, saludable, activa, humana, sinérgica y sostenible, se desvirtúan las condiciones para una vida digna y el bienestar comunitario<sup>7</sup>.

El tema de la movilidad segura se sitúa en 2019 como foco de la agenda internacional, evidenciando la necesidad del trabajo mancomunado entre naciones

con el fin de enfrentar, frenar y reducir los índices mundiales en aumento de morbilidad y mortalidad causados por hechos viales, a través del fortalecimiento de la seguridad para los involucrados en materia de movilidad vial. En cumplimiento de la directriz internacional, el Ministerio de Transporte de Colombia expide el “Plan Nacional de Seguridad Vial 2013-2021”.

En la misma vía como desarrollo de la política pública nacional de movilidad propuesta por el ministerio de transporte, se elabora en la ciudad de Medellín el plan de movilidad segura 2014-2020. “Movilidad para la vida” que incorpora los lineamientos internacionales mencionados, y establece como meta la reducción del número de víctimas mortales en hechos viales, en un 25% . Dentro de sus áreas de acción principal, busca: a) mejorar los comportamientos, hábitos y conductas seguras de los usuarios de las vías; y b) fortalecer el control y supervisión sobre los vehículos y equipos de seguridad para los usuarios de las vías<sup>8</sup>.

Generalmente el monitoreo de la movilidad peatonal en el mundo se restringe a encuestas de origen y destino que indican las características demográficas de los usuarios, entre algunas otras variables. En Colombia, si bien existen datos de la mortalidad, a veces georeferenciados, no existen datos o mecanismos que conlleven a la disminución del incumplimiento de normas asociadas a los pasos peatonales.

Estos lineamientos deben tener énfasis en la seguridad peatonal la cual requiere mayor atención con medidas incluyentes e innovadoras, tales como el empoderamiento ciudadano en el monitoreo de las infracciones alrededor de pasos

peatonales y la generación de mecanismos que permita reportarlas automáticamente a los entes de control.

Por lo anterior es clave desarrollar un modelo computacional de dinámica de sistemas para comprender el comportamiento de la incidentalidad en los pasos peatonales permitidos en la ciudad de Medellín.

## **4.Objetivos**

### **4.1 Objetivo General**

Desarrollar un modelo computacional de dinámica de sistemas para comprender el comportamiento de la incidentalidad en los pasos peatonales permitidos en la ciudad de Medellín.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Definir un modelo conceptual y causal para comprender el comportamiento de la incidentalidad en los pasos peatonales permitidos en la ciudad de Medellín.
- Implementar un modelo computacional de dinámica de sistemas para comprender el comportamiento de la incidentalidad en los pasos peatonales permitidos en la ciudad de Medellín.

## **5. Marco Teórico**

### **5.1 Utilización de sistemas dinámicos en la evaluación de fenómenos sociales**

La dinámica de sistemas fue creada por el ingeniero Jay Forrester, quien visionaba un potencial sistema en cualquier cosa posible. Es una disciplina que en su forma más simple, es el carácter cambiante que posee un conjunto de elementos interrelacionados a través del tiempo, con la modificación de sus componentes o su interacción<sup>11</sup>.

Una de sus más destacadas características es el uso de herramientas computacionales para la realización de simulaciones, lo que posibilita el estudio de comportamientos y consecuencias de las distintas interacciones de los componentes del sistema en un tiempo determinado. Por el carácter complejo que los sistemas pueden poseer, la dinámica de sistemas presenta mayor relevancia en sistemas de mayor variedad tales como los fenómenos sociales que normalmente su análisis suele ser más cuidadoso.

La dinámica de sistemas cuenta con dos piezas fundamentales para poner en marcha la experimentación del sistema: la modelación y simulación. La modelación se considera la abstracción de la realidad, ya que ayuda a comprender su funcionamiento donde se emplean las cantidades de entidades o elementos conceptuales, matemáticos, físicos, entre otros, necesarios para explicar en la mejor medida posible el comportamiento real o ideal de un sistema. La correcta modelación, o al menos, la mayor aproximación a la dinámica auténtica de un

sistema, favorecen que la simulación pueda representar escenarios posibles y fidedignos a la realidad. Ahora, la simulación es la fase posterior a la modelación, esta permite ensayar distintos escenarios con el fin de atribuir conclusiones al sistema respecto a lo que puede o no suceder teniendo el control de ciertas variables de análisis que no pueden ser estudiadas con el sistema existente por su complejidad, costo, desconocimiento o improbabilidad de resultados, es decir su objetivo es la predicción de establecidos cambios bajo determinadas condiciones<sup>12</sup>.

El estudio desde la dinámica de sistemas y en relación a esta, la modelación y simulación, crea ventajas atractivas para su utilización. Su independencia de la operación del sistema para formular sus propios escenarios, la flexibilidad de la representación de los tiempos, un nivel adecuado de complejidad matemática que generalmente es menos costoso que la experimentación con el verdadero modelo, la posibilidad de partir de supuestos o condiciones de interés entre otras capacidades que son gradualmente aplicables de acuerdo al tiempo de análisis a ejecutar<sup>13</sup>.

Como estrategia de investigación, la simulación computacional reviste interés para la investigación social puesto que brinda la posibilidad de realizar 'experimentaciones virtuales', lo que equivale a ejecutar la simulación bajo distintos escenarios. El investigador puede controlar las condiciones de ejecución del modelo, manteniendo constante ciertos parámetros con la finalidad de explorar el funcionamiento del proceso social modelizado. En definitiva, de lo que se trata es

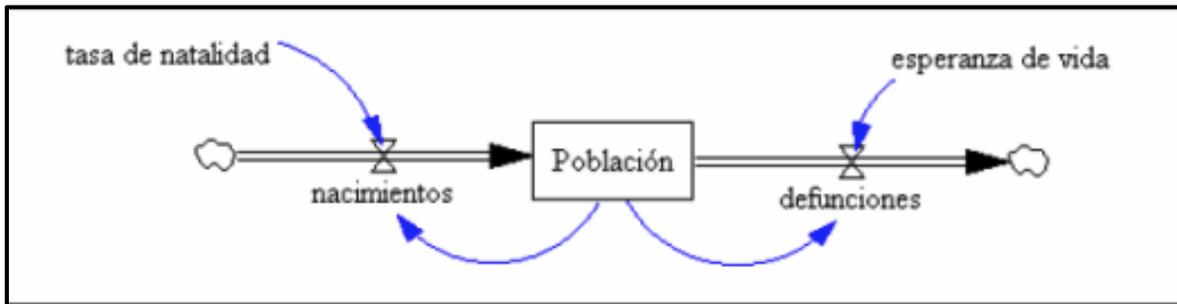
de modelizar un fenómeno del mundo social y luego desarrollar experimentos sobre el modelo simulándolo, en lugar de hacerlo sobre el fenómeno real.

Así, la simulación permite testar hipótesis del tipo “que pasaría si” se produce un determinado cambio en el fenómeno social estudiado. Por ejemplo, la simulación social permitiría explorar que sucede si un grupo de actores se comporta de diferente manera en un determinado contexto, si se modifica una norma social, se introduce una nueva política pública, si se reduce la carga impositiva a los alimentos en un determinado porcentaje, si se gravan las transacciones financieras o si se modifican las reglas de los sistemas electorales, entre una lista por cierto infinita de hipótesis condicionales de interés para las ciencias sociales<sup>14</sup>.

## **5.2 Modelo Poblacional**

Para comprender la epidemiología de numerosas enfermedades, se utiliza la dinámica de poblaciones para entender el desarrollo temporal y espacial de la población que se encuentra rodeada de esos factores de riesgos. Para realizar este modelo, definimos lo que es una población, es un grupo de organismos de la misma especie, que habitan un lugar determinado, en el cual utilizan recursos y se reproducen. Este grupo de organismos está caracterizado por una serie de propiedades que son propias. Por ejemplo, el promedio de nacimientos que se den en el grupo constituirá la natalidad del grupo, para un grupo concreto podemos decir que en una población de 1000 individuos se han producido en una unidad de tiempo 20 nacimientos y por tanto la natalidad del grupo es 20/1000. La natalidad es una

propiedad del grupo y no de los individuos. El análisis de una población se hace estudiando estas propiedades.



**Figura 1. Modelo Poblacional**

**Fuente: Ejercicios prácticos de dinámica de sistemas**

**<ftp://facfiet.unicauca.edu.co/ds/Material%20bibliografico/ejercicios%20practicos.pdf>**

### **5.3 Estado del arte de los incidentes de tránsito desde lo global, nacional y local.**

Anualmente se producen cerca de 1,24 millones de defunciones por el tránsito vial en todo el mundo, lo que hace de las lesiones de tránsito la octava causa principal de muerte a nivel mundial y la principal causa de muerte de jóvenes entre los 15 y los 29 años. Del total de defunciones por lesiones de tránsito, más de 270.000 son peatones. Esto constituye el 22% de todas las muertes en la vía pública. Si se compara por regiones la OMS indica que la proporción más alta de peatones muertos en relación con otros usuarios de las vías públicas se registra en la Región de África (38%), mientras que la más baja se observa en la Región de Asia Sudoriental (12%). En términos generales, los peatones tienden a representar una proporción mayor

de defunciones por lesiones causadas por el tránsito en los países de bajos ingresos que en los países de medianos y altos ingresos<sup>15</sup>.

Este fenómeno es especialmente grave en países de ingresos bajos y medianos como los de América Latina y el Caribe, donde importantes recursos económicos son destinados al cuidado y rehabilitación de heridos por siniestros de tránsito, atenciones que en gran medida son cubiertas por el estado en servicios de salud públicos, con los consiguientes costos sociales para toda la sociedad<sup>16</sup>.

Los accidentes de tránsito constituyen una de las principales causas de morbilidad, mortalidad y discapacidad en el mundo, y representan un costo económico alto. Los costos se dividen en costos directos, costos indirectos y costo humano. Los costos directos se refieren a los daños a la propiedad, gastos médicos, administrativos, policiales y judiciales, los costos indirectos representan la pérdida de productividad asociada a las víctimas, familiares y cuidadores por el valor de los servicios que habrían sido producidos de no suceder el accidente, y el costo humano intenta valorizar elementos como calidad de vida, dolor, pena de familiares y amigos, pérdida del disfrute de la vida.

En América Latina, el costo aproximado de las incapacidades y muertes por esos eventos fue de 18,9 billones de dólares; en los países altamente motorizados fue de 453,3 billones. Un elevado número de pacientes permanece, por semanas, meses o hasta años, en programas de rehabilitación y fisioterapia, con pérdidas salariales

y de empleo en consecuencia de esos eventos, mostrando la dimensión económica y social del problema<sup>17</sup>.

En desarrollo de lo dispuesto por el artículo 24 de la Constitución Política, todo colombiano tiene derecho a circular libremente por el territorio nacional, pero está sujeto a la intervención y reglamentación de las autoridades para garantía de la seguridad y comodidad de los habitantes, especialmente de los peatones y de los discapacitados físicos y mentales, para la preservación de un ambiente sano y la protección del uso común del espacio público.

Colombia no es ajena a las altas cifras de accidentalidad y la tendencia presentada en los últimos diez años (2005 - 2014) la cual muestra una cifra de 1.836.373 accidentes de tránsito cobrando la vida de 58.121 personas y dejando lesionadas a 411.9561 . Tan solo en el 2014 se presentaron 157.693 accidentes, en los que fallecieron 6.352 personas, lo que supone un incremento del 2,1% frente a 2013. En cuanto a lesionados el país presentó 41.452 víctimas no mortales, cifra que representa un aumento del 6,2% con respecto al año 2013. Este panorama hace de los accidentes de tránsito en Colombia la segunda causa de muerte violenta en el país (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses; Fondo de Prevención Vial, 2010), y la primera causa de muerte de los jóvenes colombianos menores de 30 años.

De acuerdo con la información disponible, los actores de la vía más vulnerables en los últimos 10 años son los usuarios de motocicleta (conductores y acompañantes) que en el periodo de análisis representaron el 37,98% (22.074 casos) de las

víctimas fatales y el 43,60% (179.599 casos) de las no fatales; seguido de los peatones con el 30,39% (17.665 casos) de los fallecidos y el 23,24% (95.744 casos) de los lesionados en accidentes de tránsito. Estos dos actores representan alrededor del 70% de las víctimas en accidentes de tránsito entre el 2005 y el 2014<sup>18</sup>.

Las referencias a los principales factores de riesgo en la conducción, evidencian como los perfiles de víctimas y de infractores del tránsito vial, muestran que el factor humano es el principal responsable de la accidentalidad vial. Factor humano que comprende, en los conductores, variables asociadas a la accidentalidad como el sueño, el cansancio, el estrés o el consumo de alcohol y otras sustancias psicoactivas, la ira, la hostilidad, la percepción de la conducción como una tarea difícil o las actitudes negativas hacia la conducción el sentido de obligación de respetar las normas y ciertos sesgos en la percepción y acatamiento de estas<sup>19</sup>.

En Medellín los incidentes viales aumentan cada año, habiendo ocurrido 47.391 en 2016; en promedio en la ciudad mueren 300 personas anuales a causa de incidentes viales y 30.000 resultan heridas cada año por la misma causa, de los cuales el 96% pertenecen a los estratos 1 al 3. Siendo los más vulnerables a ser víctimas los peatones mayores de 50 años, los conductores y pasajeros de motocicleta de 20 a 29 años de edad. Los incidentes viales le cuestan a la ciudad 1.6 billones de pesos anuales y un aproximado de 300 personas anuales en discapacidad permanente<sup>20</sup>.

Según cifras de la Secretaría de Movilidad de Medellín y Medicina Legal, en las calles de Medellín murieron 258 personas durante todo el 2017. De las 258 personas que murieron en accidentes de tránsito en Medellín durante el 2017, el 43,8 % eran peatones (143). Los motociclistas aportaron 47,3 % de las víctimas con 102 conductores y 20 parrilleros. Los ciclistas, por su parte, forman el 5,4 % del total de fallecidos, con 14 casos<sup>21</sup>.

#### **5.4 Infraestructura vial relacionada a la accidentabilidad.**

Un cruce peatonal es un punto de la vía donde se puede atravesar a pie .

Los cruces peatonales, que en algunos lugares se conocen también como paso de peatones, pueden situarse en intersecciones o a lo largo de tramos de la red vial .

Los cruces peatonales marcados se distinguen habitualmente con rayas blancas pintadas en el suelo . Los cruces peatonales señalizados cuentan con señales automáticas de tránsito que indican a los peatones cuando pueden pasar .

En algún momento de un recorrido a pie, se debe cruzar una o varias calles, ya sea en intersecciones o no. En muchas situaciones, el atravesar la vía incrementa el riesgo que corren los peatones de sufrir traumatismos a causa del tránsito. En las intersecciones, debido a la existencia de un importante número de puntos problemáticos para vehículos y peatones, se advierten tasas elevadas de siniestralidad y de lesiones entre estos últimos. La falta de control en esos puntos agudiza estos problemas, pues las personas que van a pie pueden encontrarse con vehículos que llegan a gran velocidad sin la obligación de detenerse o de ceder el

paso. En algunas situaciones, la única forma en que un transeúnte puede indicar que tiene la intención de atravesar, consiste en pararse en un paso peatonal. Los lugares donde los conductores deben ceder el paso a los peatones dentro de la intersección, en vez de al llegar a la misma, suelen representar un mayor peligro para estos:

Si bien las intersecciones con señalización parecen más seguras para los peatones que las intersecciones sin control, siguen siendo lugares peligrosos. Entre las situaciones de mayor riesgo en las intersecciones con señalización, figuran el problema de los vehículos que giran a la izquierda o a la derecha, lo que requiere un radio más amplio de maniobra, y el hecho de que los conductores no vean con claridad a las personas que estén cruzando. Otro factor es el tiempo concedido a los peatones para terminar de atravesar. Aunque en las intersecciones con señalización los vehículos motorizados estén obligados a ceder la prioridad a los peatones, algunas veces empiezan a dar la vuelta cuando estos están todavía en la calzada<sup>22</sup>.

### **5.5 Vías de circulación con alta densidad de tránsito**

Se ha comprobado que los entornos viales con una circulación muy densa, donde no se tiene adecuadamente en cuenta la seguridad peatonal, aumentan considerablemente el riesgo de colisiones con peatones. Estudios demuestran que si bien la cantidad de accidentes con peatones aumenta con el volumen del tránsito, la relación no siempre es lineal. En realidad, cuando se trata de grandes volúmenes de tránsito, tanto las tasas de siniestralidad como la gravedad de las lesiones

pueden disminuir en relación a la exposición. Además, puede que en entornos con una gran cantidad de peatones y ciclistas, los conductores de vehículos motorizados les presten más atención y ajusten sus pautas de conducción, con la consiguiente reducción del riesgo<sup>23</sup>.

## **5.6 Percepción de la seguridad en el entorno**

Un elemento esencial para la mejora de la seguridad peatonal consiste en entender el concepto que la población tienen de la misma. Si una persona considera que existe un riesgo excesivo de ser herida por el tránsito u otras amenazas a su seguridad personal, es posible que decida evitar los desplazamientos a pie. La percepción que tengan los peatones de los peligros existentes en un entorno más amplio influye en su comportamiento como usuarios de la vía pública, ya que, por ejemplo, les puede impulsar a escoger o desechar determinados caminos o instalaciones peatonales.

Por regla general, cuando caminan, las personas esquivan tanto las calles conocidas como las desconocidas, los espacios desiertos y los pasajes subterráneos oscuros si creen que en esos lugares existe el peligro de sufrir algún tipo de daño, como un atraco. Puede que para huir de la amenaza de violencia interpersonal, decidan cruzar la vía en un sitio donde corran un riesgo aún mayor de sufrir un accidente de tránsito. Por ejemplo, un estudio efectuado en Colombia, demostró que el uso de pasos elevados para peatones dependía de la calidad del alumbrado y de la percepción que estos tenían de las condiciones de seguridad; en

las zonas en donde los ataques eran más frecuentes, se evitaban los puentes o los tramos de vía con medidas para reducir el tránsito<sup>24</sup>.

### **5.7 Responsabilidad del factor humano en los accidentes**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define que el riesgo, para el tránsito, depende de cuatro factores. El primero es la exposición, que lo definen como la cantidad de movimiento o desplazamiento de los distintos usuarios en el sistema del tránsito; el segundo es la probabilidad de que ocurra un choque dada la exposición; el tercero es la probabilidad de que el choque produzca una lesión y el cuarto factor es el resultado de la lesión. Algunos de los factores que ayudan a que el riesgo surja incluyen el error humano dentro del sistema de tráfico, la energía cinética del impacto que ocurre por errores humanos, la tolerancia del individuo al impacto y la calidad y disponibilidad de servicios de emergencia y atención al trauma. (OMS, 2004) Dentro de los errores humanos, se incluyen factores limitantes como la visibilidad en horas de la noche, la visión periférica limitada de los ojos, la estimación de velocidad y distancias, el tiempo de procesamiento de información en el cerebro y otros factores psicológicos asociados con la edad y el género. También existen factores externos que influyen el error humano, como el diseño de la vía, el diseño del vehículo, las normas de tránsito y su aplicación. También se debe considerar que la resistencia del cuerpo humano a las fuerzas desatadas en un choque es limitada, y el nivel de afectación está muy relacionado con la cantidad de energía cinética aplicada a la persona en el accidente. Por este motivo, la velocidad entra a representar un papel fundamental en el riesgo de accidentes.

El riesgo dentro del tránsito surge de la necesidad que tienen los seres humanos de desplazarse de un lugar a otro para realizar sus actividades, existiendo circunstancias que diferencian qué grupos de personas utilizan cada parte del sistema de transporte en general, y el riesgo al que se exponen. Dentro de los factores que influyen la exposición al riesgo se encuentran el rápido incremento de la motorización en el mundo, y principalmente de vehículos motorizados de dos ruedas. También existen factores demográficos como la edad y el género, factores de planeación del territorio, uso del suelo y construcción de vías, el incremento de la necesidad de desplazarse a medida que crecen los centros urbanos y la elección de modos de transporte menos seguros<sup>25</sup>.

## **5.8 Marco Geográfico**

A continuación se presentan las principales características geográficas de la ciudad de Medellín.

El Municipio de Medellín, está localizado en el Valle de Aburra, en el centro del Departamento de Antioquia. Junto con otros nueve municipios conforma el Área Metropolitana. El territorio municipal asciende a 37.621 hectáreas y está compuesto por 10.210 ha. de suelo urbano (27,1% del total), 401 ha. de áreas de expansión urbana (1,1%) y 27.010 ha. de suelo rural (71,8%), de acuerdo con la clasificación del suelo definida en el Plan de Ordenamiento Territorial. La ciudad se extiende longitudinalmente sobre el eje natural del río Medellín enmarcada en dos ramales de la cordillera central, con altitud variable entre 1.460 m.s.n.m. en la confluencia de las quebradas La Iguana, Santa Elena y el río Medellín, y 3.200 m.s.n.m. en los

Altos del Romeral, Padre Amaya y Las Baldías al occidente. Su temperatura media anual es de 24 C y su precipitación promedio anual es de 1.571 mm. El área geográfica del Municipio de Medellín que albergaba en el año de 1993 un total de 1.834.881 personas y registró una tasa de crecimiento total de 1.22% en el quinquenio 1993-1998, que determinó, un incremento de 22,956 habitantes por año, para el 2020 la municipalidad habrá incrementado su población en 1.098.213 personas con una tasa de crecimiento anual de 1,74%, con un aumento de 40.675 habitantes nuevos por año en el periodo 1993-2020. Este, crecimiento se explica, como fruto de un crecimiento vegetativo o natural (nacimientos menos defunciones) y de la migración. En el año 1.995 en el Municipio habitaban 1.865.618 personas, y registraba una tasa de crecimiento de 2.92%, al final del quinquenio, es decir, año 2000, se contaba con una población de 2.159.243 habitantes, de los cuales 991.093 eran hombres correspondientes al 45.9%, y 1.168.150 mujeres equivalentes al 54.1% del total. Para el 2005, contaba con un total de 2'499,080 personas, equivalentes al 67% del total metropolitano que asciende a tres millones setecientos veintinueve mil novecientos setenta (3.729.970) habitantes Al 2020 la población de Medellín se incrementará en 434.014 personas, es decir a un promedio anual de 28.934 habitantes y su tasa de crecimiento total media anual será de 1.067%, entre 2005-2020<sup>26</sup>.

## **5.9 Infraestructura vial**

El Valle de Aburrá tiene según datos del diagnóstico del año 2005 del orden de 3.000 Km de vías, lo cual para la cantidad de población existente de 3.2 millones de

habitantes permite estimar un indicador de 900 metros de vía por cada 1.000 habitantes. Ello es inferior al promedio del país, que es del orden de 3900 metros de vía por cada 1000 habitantes. Por observación directa del consultor en terreno, se pudo constatar que el Municipio de Medellín cuenta en su zona central con una infraestructura bastante desarrollada, con avenidas amplias, numerosas intersecciones a desnivel y una vía, “la Regional del Río”, con un estándar que permite velocidades de operación relativamente altas. Si bien existe una vialidad suficiente, no se aprecia una buena conectividad entre las vías principales de la ciudad, escaseando las vías de circunvalación al poniente y oriente de la ciudad de buen estándar, que den una accesibilidad eficiente entre el Norte y el Sur y que constituyan una real alternativa a la vía regional. Da la impresión que las obras en vías existentes han sido concebidas en forma independiente para solucionar congestiones puntuales, sin formar parte de un plan integral que uniformice la capacidad de tramos relevantes de cada corredor vial, el cual naturalmente existe pero no ha sido desarrollado a cabalidad, por prioridades circunstanciales y restricciones presupuestarias. Lo anterior se agrava aún en otros sectores, en especial en aquellos con altas pendientes, en los cuales la infraestructura vial es en general precaria y angosta, con severos problemas de continuidad en algunos casos.

La capital de antioquia tiene 170 carros por cada kilómetro de vía, asegura un reciente estudio de Medellín Cómo Vamos, además indica que en esta ciudad existe una malla vial de 2.230 kilómetros y su parque automotor supera el millón 300 mil vehículos.

El acelerado aumento del parque automor en esa urbe y en su área metropolitana, sumado a la imposibilidad de crecimiento de su malla vial, han sido dos de los factores que afectaron la calidad de su aire en los últimos años.

En Medellín circulan los vehículos de Barbosa, Copacabana, Girardota, Bello, Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas, los otros nueve municipios de su área metropolitana, por lo que expertos coinciden en que la infraestructura vial es insuficiente para tal densidad vehicular<sup>27</sup>.

### **5.0 Efectos de la migración en la dinámica poblacional.**

En la actualidad debido al fenómeno político, social y económico en Venezuela es importante destacar que la dinámica poblacional en la ciudad de Medellín ha variado por lo tanto es necesario incluir en nuestro modelo variables relacionadas a la migración que es hasta ahora la más grande que ha recibido Colombia.

Antioquia es el quinto lugar del país que ha recibido más venezolanos, después de Bogotá, Norte de Santander, La Guajira y Atlántico. Del vecino país han llegado 1.408.055 a Colombia, de los cuales 112.745 están en Antioquia, lo que equivale al 8 por ciento, según el reporte de las autoridades migratorias<sup>28</sup>.

En el ámbito local, Medellín es el municipio con mayor número de migrantes venezolanos, con 74.816, seguido de Bello (7.044), Rionegro (5.391), Itagüí (4.253) y Envigado (3.551), de acuerdo con el último consolidado de Migración Colombia<sup>29</sup>.

Se entiende que la llegada de ciudadanos venezolanos está repercutiendo de manera fuerte en la ciudad de Medellín, ya que desde los planes de desarrollo no

se tienen los recursos para apoyar a dichas personas que a su vez demandan servicios de salud, transporte, alimentación, educación.

Medellín pasó de ser un territorio de tránsito a ser receptor, y hoy debe hacer un gran esfuerzo para brindar atención integral a esta población y buscar inclusión a las dinámicas de ciudad, especialmente en los altos índices de mendicidad, instrumentalización, trabajo infantil, explotación comercial y sexual y vulneración de derechos.

Las ventas ambulantes son el sustento de alguna parte de esta población que a diario se expone en los semáforos, calles, vendiendo dulces, aumentando así el riesgo de padecer algún incidente en las vías. Y con el agravante de que, no pocos, los hacen acompañados de niños y mujeres en estado de embarazo.

Como resultado de la migración venezolana, la demanda de servicios de salud ha aumentado rápidamente. Según cifras la atención en salud a migrantes creció de 125 casos en 2014 a casi 25.000 en 2017. Esta demanda adicional se concentra en áreas caracterizadas por déficits preexistentes en la prestación del servicio. Además de las presiones financieras y de la inflexibilidad del sistema de salud colombiano para responder al incremento en la demanda, la mayoría de la población migrante no se encuentra asegurada, lo que explica el incremento en los costos por provisión de atención de urgencias a migrantes. Dichos costos tenderían a aumentar en el corto plazo con el incremento progresivo del número de migrantes Sin embargo, este impacto podría mitigarse a través de la adopción de ciertas políticas clave como incrementar el cubrimiento a migrantes y retornados no afiliados a actividades de promoción y prevención, las cuales tienden a ser económicamente más eficientes

que la atención de urgencias, y la incorporación de la población al mercado laboral, caso en el cual serían afiliados a través del régimen contributivo<sup>30</sup>.

## 6. Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se hará uso del software Vensim®, el cual es gratuito para uso académico, además, es un software de simulación para mejorar el rendimiento de los sistemas reales. Vensim proporciona una forma simple y flexible de crear modelos de simulación, sean con diagramas causales o con diagramas de flujos, que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas.

A continuación se listan los pasos realizados en la construcción del modelo.

- **Formulación del modelo:** implica el diseño del modelo a nivel teórico, de acuerdo a la información que se conoce acerca del proceso observado. En esta fase lo realmente importante es decidir “que se desea modelar y por qué”, lo que supondría definir cada elemento que lo integra así como las relaciones entre ellos.
- **Verificación del modelo:** el objetivo en esta fase es comprobar si el modelo realiza lo que se piensa que debe hacer.
- **Validación del modelo:** se trata de aplicar el modelo a un caso real conocido para ver si es correcta su formulación.
- **Aplicación del modelo:** aplicamos el modelo a la situación que queremos estudiar y analizar los resultados obtenidos.

Se realizaron las siguientes actividades.

1. Recopilar información del problema
2. Construir Diagrama Causal
3. Construir Diagrama de flujos y niveles

Para la definición de las características propias del sistema a desarrollar, se determinó el grado de agregación o desagregación de las variables establecidas. Estas se dispusieron de acuerdo a las necesidades inherentes al problema, procurando la mejor representación posible del sistema. La representación formal de las relaciones entre variables del sistema se visualizó por diagramas causales. Dichas relaciones de causalidad se visualizan a través de esquemas de causa-efecto, los diferentes cambios producidos en una variable como efecto de las variaciones provocadas en otra.

### **6.1 Definición del sistema**

El sistema está definido por la población que ha sufrido incidentes de tránsito en los pasos peatonales permitidos en la ciudad de Medellín. El tiempo de análisis se hará del año 2016 al año 2020.

### **6.2 Conceptualización y formulación del modelo**

Con el fin de desarrollar un modelo computacional de dinámica de sistemas para comprender el comportamiento de la incidentalidad en los pasos peatonales permitidos en la ciudad de Medellín, se realizaron diferentes diagramas los cuales

nos permiten visualizar cuales son los factores que determinan la accidentabilidad en pasos peatonales; para esto se identificó una lista de variables que abarcan tanto a los conductores, peatones, infraestructura vial, costos asociados al sistema de salud, consecuencias físicas, y económicas de las personas involucradas en un incidente vial, planeación y uso del suelo, medidas de control por parte de las autoridades, cultura ciudadana, a medida que se iban identificando la necesidad de los datos para la elaboración del diagrama de flujos y niveles, estas variables se fueron filtrando debido a la dificultad para obtener algunos datos, es por esta razón que se construyeron dos diagramas, el teórico; en el cual se establecieron todas las variables posibles, y finalmente un simulado; en el cual se tomaron variables de algunos datos que aportan el marco teórico y datos de la secretaria de movilidad de la ciudad de Medellín.

### **6.3 Diagrama causal del modelo teórico**

Este diagrama representa las relaciones de influencia que se dan entre las variables seleccionadas indicando así las causas y consecuencias de la accidentabilidad en los pasos peatonales en la ciudad de Medellín, esto basado en una evaluación cualitativa de las relaciones entre los elementos.

### **6.4 Recolección y procesamiento de datos**

La recolección de la información se realizó de acuerdo al estudio del problema, para el modelo teórico se tomaron datos a partir de la información estimada sobre el

conocimiento que se tiene de la accidentabilidad general en la ciudad de Medellin; para el modelo simulado se tomaron estadísticas suministradas por la secretaria de Movilidad. El procesamiento de todos los datos para el cálculo de tasas o proporciones, se realizó con Microsoft Office Excel 2013 ® y el ingreso de datos al modelo, a través del programa de Simulación Vensim PLE ®.

### **6.5 Parámetros del modelo**

El modelo planteado es una abstracción del sistema real, las variables son difíciles de contabilizar y esto reduce su cantidad, por lo tanto se hace una aproximación del modelo.

Conceptualizando el modelo se han identificado las variables entre las cuales se producen influencias y de igual manera se han clasificado en : variables de nivel, variables de flujo y variables auxiliares como se muestra a continuación en la tabla

**Tabla 1. Parámetros del modelo**

#	Nombre Variable	Descripción	Tipo Variable
1	Población	Habitantes Medellin 2016	Nivel
2	Vehículos	Número de vehículos en circulación	
3	Personas no afectadas	Población no afectada	Flujo
4	Personas afectadas	Población afectada por accidentes viales	
5	Aumento parque automotor	Crecimiento del número de vehículos en circulación	
6	Disminución parque automotor	Disminución del número de vehículos en circulación	Auxiliares
7	Accidentes en pasos peatonales	Cantidad o proporción de accidentes en pasos peatonales	
8	Compra	Cantidad de vehiculos que se compran anualmente	
9	Perdida de vida útil	Cantidad de años en las que un vehículo es obsoleto	
10	Infraestructura vial	Estado de las vias de acuerdo al indice de condición de pavimentos	
11	Permanencia vía pública	Necesidad de estar en via pública	Constantes
12	Tasa de emigración	Relación de personas que dejan el país	
13	Tasa de migracion neta	Balace que existe entre la inmigracion y la emigración	
14	Tasa de mortalidad	Relación de personas que mueren respecto al total de la población	
15	Tasa de natalidad	Relación de nacimientos que tiene lugar en una comunidad en un rango de tiempo	
16	Tasa de inmigración	Relación de la entrada a un pais de personas que nacieron en otro	

## **6.6 Construcción del modelo**

El modelo planteado es una abstracción del sistema real, las variables son difíciles de contabilizar y esto reduce su cantidad, por lo tanto se hace una aproximación del modelo real. A continuación se realiza una breve explicación de cada variable y su respectivo valor.

La primera variable de nivel que se incluyó en el modelo fue la población, la cual representa los habitantes de la ciudad de Medellín; esta variable depende de otras que son las que influyen en su comportamiento a lo largo del tiempo. Entre ellas se encuentran personas no afectadas por accidentes viales y personas afectadas que es calculado con base a los valores entregados en las tasas de natalidad, mortalidad, y tasas relacionadas a la migración.

**Tabla 2. Distribución de las tasas y valores de los diferentes flujos y niveles de los modelos para el año 2016**

Variable	Modelo Simulado	
	Tasa	Valor inicial
Población	n/a	2508452
Poblacion no afectada	-	-
Población afectada	-	-
Tasa de mortalidad	5.3	13341
Tasa de natalidad	11.24	-
Tasa de inmigracion	-	-
Tasa de emigración	-	-
Tasa de Migracion neta	-	-
Accidentes en pasos peatonales	-	258 Personas
Permanencia en via pública	1.8	-
Infraestructura vial	-	0.29
Vehiculos	-	1.300.000 unidades
Aumento parque automotor	-	115.997 unidades
Disminución parque automotor	-	-
Compras	-	115.997 Unidades
Perdida de vida útil	-	20 años

- **Población**

(Tasa de Natalidad+Tasa de Mortalidad)-(Tasa de inmigración+Tasa Emigración)

Valor inicial: 2.508.452 Habitantes

- **Vehiculos**

(Aumento parque automotor-Disminución parque automotor)

Valor inicial: 1.300.000 Vehiculos

## 6.7 Validación del modelo y experimentación

Los siguientes gráficos, representan los distintos escenarios realizados, tanto simulados como observados, de acuerdo con la información recopilada:

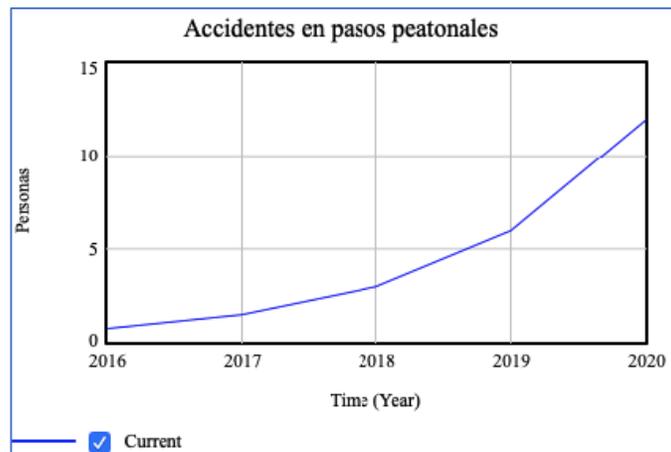


Figura 2. Distribución anual del porcentaje de personas afectadas por accidentes en pasos peatonales

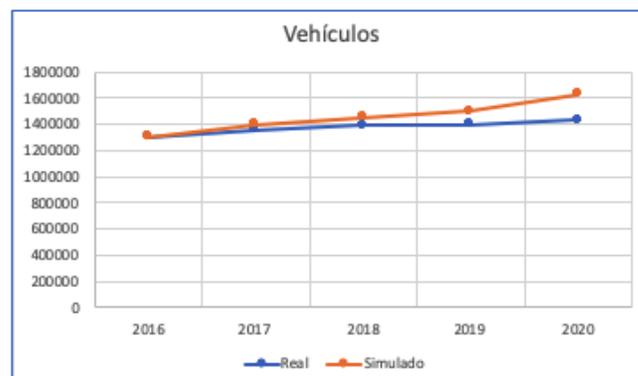


Figura 3. Distribución anual del incremento del parque automotor

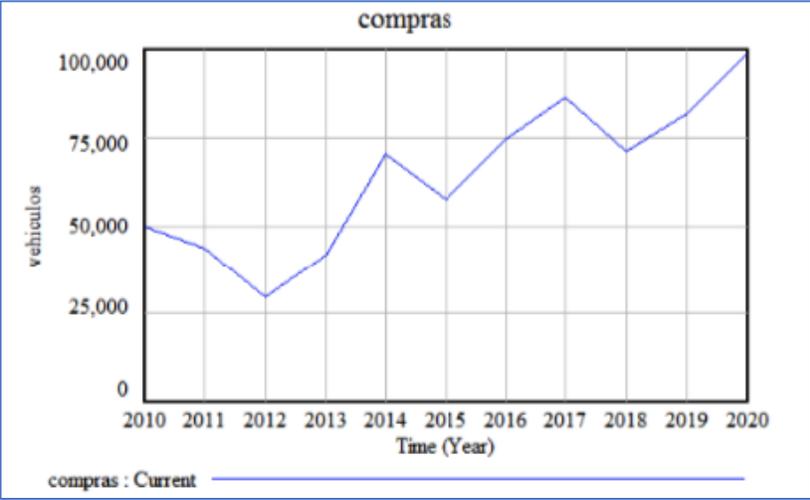


Figura 4. Distribución anual de las compras de vehículos

## 7. Diagramas causales

### 7.1 Diagrama causal del modelo teórico

El siguiente modelo representa de forma causal las variables que favorecen la accidentabilidad en los pasos peatonales.

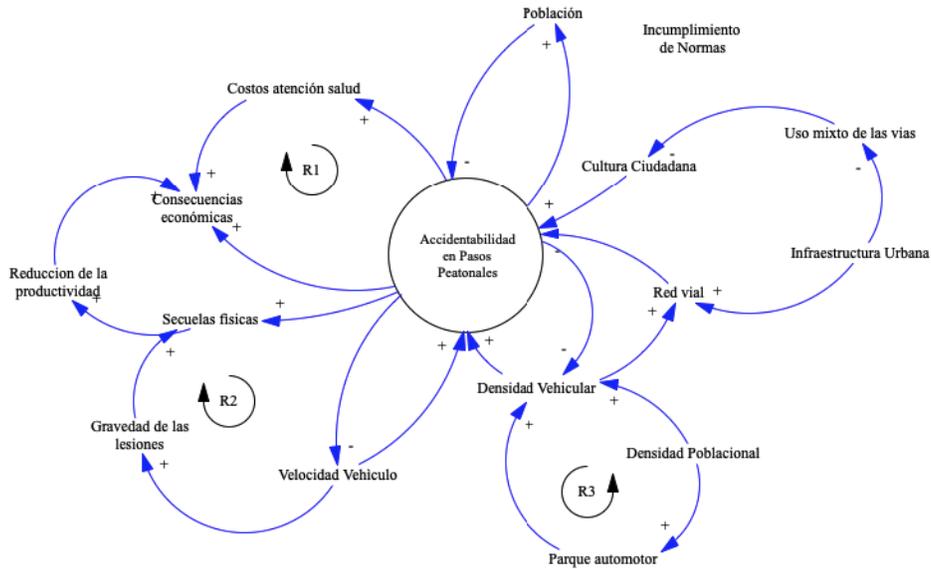


Figura 4. Diagrama Causal modelo teórico

## 7.2 Diagrama de flujos y niveles teórico

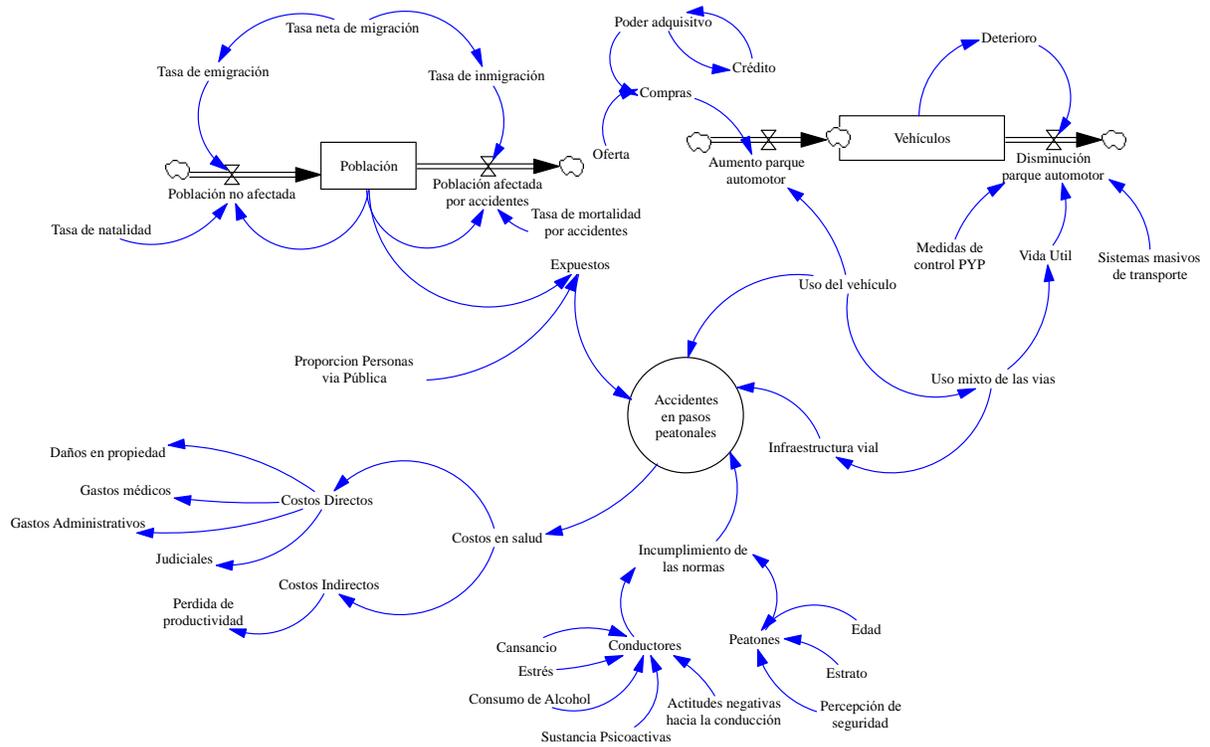


Figura 4. Diagrama de flujos y niveles teórico

### 6.3 Modelo de flujos y niveles simulado-Calibrado

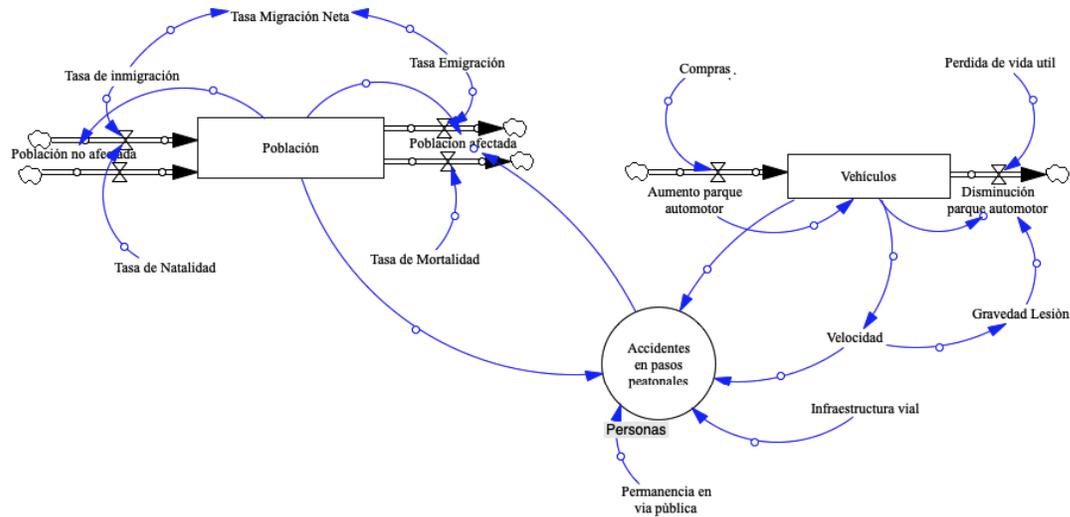


Figura 5. Diagrama de flujos y niveles simulado

## 8. Discusión

La contribución que realiza la dinámica de sistemas al estudio de la accidentabilidad vial, especialmente al tema de la seguridad peatonal es que permite visualizar el problema desde diferentes aspectos teniendo así mayor claridad de los factores que favorecen este tipo de eventos además de las consecuencias que se generan en el sistema.

La movilidad es un proceso complejo y necesario para el desarrollo de las comunidades y uno de sus componentes son los peatones que históricamente se ha visto vulnerados en sus derechos en la vías debido a la prioridad que han tenido los demás participantes en el proceso de movilidad de una ciudad. Tal y como ocurre con otros accidentes de tránsito, el no cumplimiento de las normas relacionada con los peatones debería verse como un hecho predecible y prevenible.

Como se indicó anteriormente es un proceso extenso que contiene una gran cantidad de variables, este estudio se vio limitado en obtener para la simulación otros flujos que permitían tener datos propios del comportamiento de los peatones, sin embargo con los obtenidos se logró identificar que la accidentabilidad en los pasos peatonales puede continuar creciendo, debido al aumento de la población por ende la necesidad de desplazamiento que conlleva a la demanda de vehículos mientras la ciudad se queda corta en infraestructura tanto para los vehículos como para los peatones. Adicional aunque no se contempló en el modelo por la limitación en cuantificar el dato se considera que el no acatamiento de las reglas y el desconocimiento de nuestros deberes como ciudadanos conlleva a la generación de una gran mayoría de eventos fatales relacionados con el peatón

También se encontró en el estudio algunos factores que podrían disminuir el riesgo de accidentabilidad en los pasos peatonales y está relacionado al cumplimiento de las normas y al empoderamiento de nuestros derechos y deberes en las vías. En esta misma complejidad que implica el estudio de la movilidad, el modelado se hace con

una orientación de identificar los aspectos, sociales, clínicos y productivos que implican un accidente vial.

### **9.Conclusiones y recomendaciones**

Todos somos peatones, caminar es un modo de transporte básico y habitual en todas las sociedades del mundo.Desafortunadamente, en algunas situaciones, el incremento del número de peatones conlleva a un mayor riesgo de accidentes a causa de la circulación de vehiculos.Debido a que el número y la frecuencia de uso de estos ha aumentado considerablemente.

Este estudio abre la posibilidad y la necesidad de continuar investigando sobre este fenómeno en las vias desde un enfoque más directo con los involucrados con su nivel de acatamiento y responsabilidad con todos los participantes del sistema es por ello que la contribución que se realiza con la dinámica de sistemas en la salud pública, es evaluar de acuerdo a una predicción cuales serian las posibles soluciones para el fenómeno de la accidentabilidad en la ciudad de Medellin,

además de consolidar información que permita entender los factores que interactúan con dicha problemática.

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que en un futuro los problemas de movilidad serán mayores debido a que, para que la malla vial sea capaz de soportar el flujo tendrá que tener un crecimiento muy acelerado, lo cual es un reto para los próximos planes de desarrollo.

Con la implementación del modelo computacional se hizo posible identificar como al intervenir un mayor número de variables dentro del modelo es posible llegar a comprender el sistema de manera que los actores que tienen la gobernabilidad del sistema pueden tomar las mejores decisiones en términos de la prevención y la seguridad vial.

## **10. Bibliografía**

1. Miguel Osorio Peña. Historias de vida que inspiran a evitar mal comportamiento en las vías. El tiempo 2017 Febrero 18 [Internet] Disponible en: <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/medellin-es-una-de-las-ciudades-con-mas-accidentes-de-transito-188106>.
2. Observatorio Nacional de seguridad Vial. Víctimas fallecidas y lesionadas valoradas por el instituto nacional de medicina legal y ciencias forenses año 2017 Medellín. [Internet] Consultado 2019 Disponible en: <https://ansv.gov.co/observatorio/?op=Contenidos&sec=63&page=22>
3. Bocarejo J, Velásquez J, Díaz C. Costo de accidentalidad vial Colombia: cálculos 2008-2010. Bogotá: UniAndes/CFPV, 2011.

4. Observatorio de políticas públicas del concejo de Medellín. Movilidad segura en Medellín. Mayo-Junio 2017 [Internet] Disponible en:  
<http://www.eafit.edu.co/centros/analisispolitico/publicaciones/observatorio/Documents/7>
5. Miguel Osorio Peña. Imprudencia vial cobró en dos años vida de 225 peatones en Medellín. El Tiempo Febrero 2019 [Internet] Disponible en:  
<https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/mal-comportamiento-vial-cobra-vida-de-225-peatones-en-medellin-325390>.
6. Gabriel Pérez Sala Seguridad Vial y salud pública: Costos de atención y rehabilitación de heridos en Chile, Colombia y Perú. Facilitación del transporte y el comercio en América Latina y el Caribe [Internet] Disponible en:  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36192/1/FAL-311-WEB\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36192/1/FAL-311-WEB_es.pdf)
7. Observatorio de políticas públicas del concejo de Medellín. Movilidad segura en Medellín. Mayo-Junio 2017 [Internet] Disponible en:  
<http://www.eafit.edu.co/centros/analisispolitico/publicaciones/observatorio/Documents/7.pdf>.
8. Observatorio de políticas públicas del concejo de Medellín. Movilidad segura en Medellín. Mayo-Junio 2017 [Internet] Disponible en:  
<http://www.eafit.edu.co/centros/analisispolitico/publicaciones/observatorio/Documents/7.pdf>
9. Jairo j. Pérez & Manuel j. Betancur. De UPB Peatonal a Ciudad Peatonal – Fase 2 –Revisión preliminar 2018.
10. Donado J de M, Dormido S, Morilla F. Fundamentos de la dinámica de sistemas y Modelos de dinámica de sistemas en epidemiología. 2005; 68.

11. Morlán C. Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria. [Internet] 2010; 396 [Consultado 2019 Abr 4] Disponible en: <http://www.ehu.es/i.morlan/tesis/memoria/TesisIMcompleta.pdf>
12. Leonardo Rodríguez Zoya y Pascal Roggero, « La modelización y simulación computacional como metodología de investigación social », Polis [Internet], 39 | 2014, Publicado el 23 enero 2015, consultado el 30 septiembre 2016. Disponible en : <http://polis.revues.org/10568>.
13. Leonardo Rodríguez Zoya y Pascal Roggero, « La modelización y simulación computacional como metodología de investigación social », Polis [Internet], 39 | 2014, Publicado el 23 enero 2015, consultado el 10 abril 2017. Disponible en : <http://polis.revues.org/10568> .
14. Organización Mundial de la Salud. Breve Panorama de la seguridad peatonal en el mundo [Internet] 2016 ; [Consultado 2019 Abr 4] Disponible en: [https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2013/report/es/](https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/es/)
15. Gabriel Pérez Sala Seguridad Vial y salud pública: Costos de atención y rehabilitación de heridos en Chile, Colombia y Perú. Facilitación del transporte y el comercio en América Latina y el Caribe [Internet] Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36192/1/FAL-311-WEB\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36192/1/FAL-311-WEB_es.pdf)
16. Ana Maria Calil, Elias Aissar Sallum. Identificación de lesiones en víctimas de accidentes de tránsito: revisión sistemática de la literatura. [Internet] 2005; Disponible en: [http://www.scielo.br/pdf/rlae/v17n1/es\\_19.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rlae/v17n1/es_19.pdf).
18. Ministerio de Transporte. Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2021 [Internet] 2014; Disponible en: <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/3239/plan-nacional-de-seguridad-vial/>.

17. Ruíz, J., & Herrera, A. (2016). Accidentes de tránsito con heridos en Colombia según fuentes de información: caracterización general y tipologías de accidentes. *Revista CES Psicología*, 32-46. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cesp/v9n1/v9n1a04.pdf>.
18. Observatorio de políticas públicas del concejo de Medellín. Movilidad segura en Medellín. Mayo-Junio 2017 [Internet]. Disponible en: <http://www.eafit.edu.co/centros/analisispolitico/publicaciones/observatorio/Documentos/7.pdp>.
19. Mauricio Arturo Muñoz. Metodología para establecer las variables que influyen en la selección de los cruces peatonales en Bogotá. 2016- [Internet]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/53309/1/79584603.2016.pdf>
20. Organización mundial de la salud. Seguridad peatonal: manual de seguridad vial para instancias decisorias y profesionales 2013 [Internet]. Disponible en: [https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/publications/pedestrian\\_safety\\_manual/es/](https://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/pedestrian_safety_manual/es/)
21. Organización mundial de la salud. Seguridad peatonal: manual de seguridad vial para instancias decisorias y profesionales 2013 [Internet]. Disponible en: [https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/publications/pedestrian\\_safety\\_manual/es/](https://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/pedestrian_safety_manual/es/)
22. Organización mundial de la salud. Seguridad peatonal: manual de seguridad vial para instancias decisorias y profesionales 2013 [Internet]. Disponible en: [https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/publications/pedestrian\\_safety\\_manual/es/](https://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/pedestrian_safety_manual/es/)
23. Organización mundial de la salud. Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito 2004 [Internet]. Disponible en: [https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/publications/road\\_traffic/world\\_report/susumma\\_es.pdf?ua=1](https://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/susumma_es.pdf?ua=1).

24. Medellín Cómo Vamos-Informe de calidad de vida de Medellín 2018 Internet ] Disponible en: <https://www.medellincomovamos.org/la-ciudad/>.
25. Medellín Cómo Vamos-Informe de calidad de vida de Medellín 2018 Internet ] Disponible en: <https://www.medellincomovamos.org/la-ciudad/>.
26. Diego Zambrano Benavides. Antioquia no es una región de paso para migrantes Venezolanos. El Colombiano Febrero 2019. [Internet] Disponible en: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/migrantes-venezolanos-en-antioquia-y-medellin-MF10156569>
27. Javier Nieto. Esto piensan los paisas sobre la llegada de Venezolanos a Medellín. El Tiempo. Septiembre 2019 [Internet] Disponible en: <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/venezolanos-en-medellin-lo-que-piensan-los-paisas-411348>
28. Banco Internacional de reconstrucción y fomento Banco/Mundial. Migración desde Venezuela a Colombia Octubre 2018 [Internet] Disponible en: [www.bancomundial.org/c](http://www.bancomundial.org/c)
29. Banco Internacional de reconstrucción y fomento Banco/Mundial. Migración desde Venezuela a Colombia Octubre 2018 [Internet] Disponible en: [www.bancomundial.org/c](http://www.bancomundial.org/c)
30. Banco Internacional de reconstrucción y fomento Banco/Mundial. Migración desde Venezuela a Colombia Octubre 2018 [Internet] Disponible en: [www.bancomundial.org/c](http://www.bancomundial.org/c)