

Caracterización de los siniestros viales en el Ecuador *Characterization of traffic accidents in Ecuador*

Ana E. Congacha^{1*}, Julio Barba Brito², Luís Palacios Pacheco³, Jorge Delgado¹

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 060150; jdelgado@unach.edu.ec

²Servicio Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Quito, Ecuador, 170104; julio.barba@policia.gob.ec

³Dirección Nacional de Control de Tránsito y Seguridad Vial, Quito, Ecuador, 170104; luis.palacios@policia.gob.ec

* Correspondencia: acongacha@unach.edu.ec

Recibido 20 noviembre 2019; Aceptado 06 diciembre 2019; Publicado 10 diciembre 2019

Resumen: Miles de vidas se pierden cada año como consecuencia de los siniestros viales, en tanto que las lesiones se presentan con traumatismos leves y severos, los que en varios casos provocan algún tipo de discapacidad. Las causas de los siniestros viales son constantemente analizadas por las instituciones públicas y privadas con la finalidad de emprender acciones preventivas que contribuyan a la reducción de las tasas e índices de mortalidad, accidentabilidad y letalidad. El objetivo de este trabajo es caracterizar los siniestros viales en el Ecuador haciendo uso de técnicas de análisis de datos, tablas dinámicas y gráficos dinámicos con la finalidad de identificar, resumir y comparar causas y factores, que contribuyan a la toma de decisiones sobre datos críticos. En este estudio se utilizaron los datos históricos proporcionados por la Dirección Nacional de Tránsito, recolectados entre los años 2015 a 2018, institución con competencia en 22 de las 24 provincias del territorio. Como resultado se presentan 10 causas que habrían ocasionado el 96.3% de los siniestros, siendo la conducción con falta de atención la causa predominante, con una incidencia del 56.8% de siniestros. Fueron identificadas las condiciones ambientales, tipos y condiciones de la vía, y horario, a nivel nacional y por zonas, el estudio concluye con el cálculo de tasas e índices de mortalidad, letalidad, accidentabilidad y motorización. Los resultados alcanzados representan un aporte a los procesos de planificación y legislación de políticas preventivas que implementen instituciones públicas.

Palabras clave: Análisis de datos, caracterización, causas de los siniestros, siniestros viales, tasas e índices.

Abstract: *Thousands of lives are lost every year due to traffic accidents. Simultaneously, injuries are presented with minor and severe injuries, which determine some disability in several cases. The causes of traffic accidents are analyzed continuously by public and private institutions to take preventive actions that contribute to reducing rates of mortality, accident, and lethality. This work aims to characterize traffic accidents in Ecuador by using data analysis techniques, dynamic tables, and dynamic graphs to identify, summarize, and compare causes and factors contributing to critical data decision-making. The data were provided by the public office, an institution with competence in 22 of the 24 provinces of the territory. As a result, ten causes would have caused 96.3% of the accidents, driving with lack of attention the predominant cause, with an incidence of 56.8% of accidents. The environmental conditions, types, and conditions of the road and schedule were identified at the national level. The study concludes by calculating the rates and indices of mortality, lethality, accident rate, and motorization by zone. The results achieved represent a contribution to the planning and legislation of preventive policies implemented by public institutions.*

Keywords: *Data analysis, characterization, causes of traffic accidents, traffic accidents, rates and indicators.*

1 Introducción

Según la Organización Mundial para la Salud (OMS), alrededor de 3 500 personas fallecen cada día a causa de los siniestros viales, decenas de millones de personas sufren heridas o discapacidades cada año, siendo los niños, peatones, ciclistas y ancianos los usuarios más vulnerables de la vía pública (Organización Mundial de la Salud, 2018). En República Dominicana, por ejemplo, los motociclistas y peatones en ese orden son los vulnerables, en lugar de los peatones, pasajeros y conductores como sucede en Guatemala. Mientras que en República Dominicana las principales víctimas están entre 15 y 29 años (International Organization of Traffic Accidentology, 2015). Esto se acentúa en los países más pobres, donde la tasa de mortalidad asociada con los accidentes de tránsito alcanza las 28.5 muertes por cada 100000 habitantes (Narváez *et al.*, 2019).

En Ecuador, entre el año 2015 y el 2018, ocurrieron 21575 siniestros, con 4004 fallecidos y 6920 lesionados. La Dirección Nacional de Control de Tránsito y Seguridad Vial (DNT), define 28 causas de siniestros viales, las cuales se agrupan en causas atribuidas a la impericia del conductor, imprudencia del peatón, imprudencia del pasajero, daños mecánicos, factor climático, deficiencias u obstáculos en la vía y casos fortuitos (Dirección Nacional de Control de Tránsito y Seguridad Vial, 2019a).

De acuerdo a la OMS, las lesiones por siniestros viales se definen como lesiones fatales y no fatales incurridas como resultado de un siniestro vial, mientras que accidente de tránsito se define como colisión o incidente en la vía que puede o no provocar lesiones. La OMS y la Organización de las Naciones Unidas (ONU) han utilizado masivamente la frase “la seguridad vial no es accidental” (Organización Mundial de la Salud, 2004). Con ello se pone de manifiesto y supera la visión resignada del siniestro vial como resultado de un accidente, por ese motivo se evitará conscientemente el uso de la expresión accidente de tráfico y el concepto será sustituido por el término siniestro vial que tiene un significado análogo al anterior, pero desprovisto de las connotaciones citadas (Campón, 2017).

La Comisión Nacional de Seguridad de México, en el año 2015, reportó que el principal factor de siniestros en las carreteras se debe al conductor, con un 80%, seguido del vehículo con un 7%, los agentes naturales el 9% y finalmente la carretera en un 4% (Comisión Nacional de Seguridad, 2015). En tanto que, Román (2015), en su trabajo de tesis magistral titulado integración de un programa de seguridad vial al modelo Ecuador, presenta cuatro factores fundamentales relacionados con los siniestros viales, factor humano, factor vehículo, factor entorno y

organización del trabajo, siendo el factor humano el de mayor prevalencia (Román, 2015).

Por otra parte, la Organización Internacional de Accidentología Vial (OIAV) reportó que el ser humano, el vehículo, la infraestructura vial y el medio ambiente son factores de riesgos en la seguridad vial, las magnitudes de estos riesgos se van gradualmente minimizando con el manejo de la problemática, la cual implica un costo y un proceso (International Organization of Traffic Accidentology, 2015). Además, los siniestros viales constituyen un problema prioritario en salud pública a escala mundial, principalmente en los países de Latinoamérica, por ser una de las primeras causas de mortalidad en la región (Algora-Buenafé, Russo-Puga, Suasnavas-Bermúdez, Merino-Salazar, & Gómez-García, 2017).

Uno de los estudios de caracterización de los siniestros viales realizado en Ecuador, revela que entre 1998 a 2015 fallecieron 29 148 personas por siniestro vial, identificando que las principales causas de fallecimientos por siniestro vial son atribuidas a la imprudencia del conductor, en cuanto a la franja horaria se identificó que la hora de mayor siniestralidad, en las vías está comprendida entre las 18:00 y 21:00, por la falta de luminosidad (Gómez-García *et al.*, 2016).

En Colombia, el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, reportó para el año 2017, 48.869 casos de accidentes de tránsito, con un saldo de 6.754 muertos y 40.115 lesionados (Trujillo-Trejos, Gutiérrez-Calderón, Giraldo-Castañeda, Grisales-Giraldo, & Agudelo-Suárez, 2018). Por ejemplo, el exceso de velocidad es la condición que más accidentes ha causado en el Callao, otros factores importantes son la imprudencia del conductor y la imprudencia del peatón: sin embargo, hacia el año 2002 se ve una disminución de éstas tres (Wong *et al.*, 2009).

El objetivo del presente estudio fue caracterizar los siniestros viales en el Ecuador haciendo uso de técnicas de análisis de datos, tablas y gráficos dinámicos con la finalidad de identificar, resumir y comparar causas y factores presentados en los datos recabados por la DNT entre los años 2014 y 2018, en consideración de que esta caracterización contribuirá a la toma de decisiones por parte de las instituciones públicas, privadas.

El artículo se encuentra organizado en cinco secciones. La sección 2 presenta el análisis de los siniestros viales a nivel nacional. La sección 3 desarrolla una comparación de los siniestros viales, causas y factores por zonas. En la sección 4 se presentan y discuten alternativas de solución a estos problemas. Las conclusiones se presentan en la última sección.

2 Metodología

El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo y transversal, en primera instancia los datos han sido sometidos a una ETL (para extracción, transformación y carga), con la finalidad de identificar, organizar y clasificar los datos proporcionados por la DNT y que corresponde a los años 2015 a 2018.

La ETL fue desarrollada por medio de Pentaho Data Integration (PDI). La extracción fue realizada a través de archivos con extensión csv, los que contenían la recopilación diaria de datos de siniestros en las zonas de influencia, en donde cada registro (fila) correspondió a un evento. Los datos deseados fueron todos los siniestros de tránsito, el número de víctimas por cada evento, causas, factores, hora, zona, ubicación, entre otros datos. La transformación consistió en llevar los datos al formato deseado, en este caso los eventos agrupados por variables predominantes tales como causas, zonas y factores. El proceso de carga se aplicó a los datos transformados, en este caso una nueva hoja electrónica con el estilo requerido para el análisis por medio de tablas y gráficos dinámicos.

2.1 Datos

Los datos utilizados fueron proporcionados por la DNT, institución del gobierno del Ecuador, responsable de planificar, regular y controlar la gestión del transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, a fin de garantizar la libre y segura movilidad terrestre (Dirección Nacional de Control de Tránsito y Seguridad Vial, 2019b). Las zonas de su competencia corresponden a 22 de las 24 provincias del Ecuador, por tanto, las provincias que no han sido consideradas en este estudio son Guayas y Santa Elena, de la zona 8.

2.2 Técnica de análisis de datos

En primera instancia fue implementada una herramienta de extracción, transformación y carga (ETL) que permitió preparar los datos que fueron recolectados de forma continua por el personal de la DNT, agrupándolos por medio de causas, zonas y factores.

Con los datos preparados, se aplicaron técnicas de análisis de datos, basadas en tablas dinámicas y gráficos dinámicos, las que permitieron resumir, explorar y presentar los resultados de forma fácil y rápida. Los datos de los siniestros viales fueron caracterizados por medio de sus causas y factores, con la finalidad de apoyar la toma de decisiones sobre datos críticos.

La función de tabla dinámica de Excel® utiliza un archivo de datos estructurados y trata cada campo del archivo como una dimensión. Como tal, el archivo de datos estructurados se convierte en un cubo de datos con varias dimensiones (Ho, 2018).

Las tablas dinámicas y gráficos dinámicos de Excel® han sido utilizados para aumentar la eficiencia en el análisis e ilustración de los datos proporcionados.

Los parámetros de visualización correspondieron a: causas de accidentabilidad, factores predominantes, número de personas heridas y lesionadas en las zonas de competencia de la DNT.

A partir de la información obtenida, han sido calculados varios indicadores, tales como: la tasa de mortalidad, los índices de letalidad, motorización, y accidentabilidad.

En esta sección se presentan los cálculos de la tasa de mortalidad e índices relacionados con la temática investigada.

La tasa de mortalidad (T_m) presentada en la ecuación (1), usa el número de personas fallecidas por cada 100000 habitantes. El índice de letalidad (I_{lt}), de la ecuación (2), calcula el número de defunciones por cada 1000 víctimas (fallecidos y lesionados). En la ecuación (3) se calcula el índice de motorización (I_{mt}), el cual corresponde al número de vehículos por cada 1000 habitantes. El índice de accidentabilidad (I_{at}) mostrado en la ecuación (4), es el número de siniestros que se han producido por cada 1000 vehículos. Las fórmulas aplicadas se muestran a continuación:

$$T_m = \frac{NF}{PE_{año}} \times 100000 \quad (1)$$

$$I_{lt} = \frac{NF}{FyL} \times 1000 \quad (2)$$

$$I_{mt} = \frac{NV}{PE_{año}} \times 1000 \quad (3)$$

$$I_{at} = \frac{NA_v}{NV} \times 1000 \quad (4)$$

donde NF es el número de fallecidos, $PE_{año}$ es la población en un determinado año, FyL es la cantidad de fallecidos y lesionados, NV es el número de vehículos, NA_v es el número de siniestros con víctimas, $PE_{año}$ es la población en un año (Reyes, Jiménez Sánchez, Hernández Hernández, & Campos Alanís, 2012).

3 Resultados

3.1 Análisis de siniestros viales a nivel nacional

La DNT asocia los siniestros viales ocurridos en el Ecuador a 28 causas definidas, en la tabla 1 se presentan las diez causas que habrían sido identificadas en el 96.3% de los siniestros. La causa

predominante es la conducción con falta de atención a las condiciones del tránsito, con una incidencia del 56.8% de siniestros. Otras causas presentes, en orden de importancia son: el estado de embriaguez, no ceder el derecho de vía o preferencia de paso al peatón, la falta de atención en la conducción, el exceso de velocidad, la imprudencia del peatón, el factor climático, adelantamiento inadecuado, daños mecánicos y casos fortuitos.

Tabla 1: Ocurrencia de siniestros por causas en zonas de competencia de la DNT entre los años 2015 a 2018.

Código	Causas	<i>Fa</i> <i>No.</i>	<i>Fr</i> <i>%</i>
c1	Conduce con falta de atención a las condiciones del tránsito	12259	56.8
c2	Estado de embriaguez	1859	8.6
c3	No ceder el derecho de vía o preferencia de paso al peatón	1558	7.2
c4	Falta de atención en la conducción	1489	6.9
c5	Exceso de velocidad	1421	6.6
c6	Imprudencia del peatón	880	4.1
c7	Factor climático	570	2.6
c8	Adelantamiento inadecuado / invadir carril	310	1.4
c9	Daños mecánicos	267	1.2
c10	Casos fortuitos	174	0.8
	Otros	788	3.7
Suman		21575	100.0

En la tabla 2, se presentan las causas de los siniestros viales en correspondencia con los factores identificados de condiciones ambientales y horario. Por la causa conduce con falta de atención a las condiciones del tránsito, el 90.1% de siniestros ocurrieron con cielo despejado.

Cuando la causa fue el estado de embriaguez, el 87.3% de siniestros ocurrieron también con cielo despejado. Esta dinámica se repitió en nueve de las diez causas identificadas en la tabla 1, es decir un alto porcentaje de siniestros ocurrieron en condiciones ambientales de cielo despejado. Siendo la excepción la causa factor climático, en donde ocurrieron el 75.1% de siniestros.

En cuanto a los horarios de ocurrencia de los siniestros viales, por la causa Estado de embriaguez, el 32.3% de siniestros ocurrieron de 0:00 a 05:59 presentado

una dinámica similar entre las 18:00 a 24:00 con 39.3%. Se produjeron en la franja horaria comprendida entre las 06:00 a 11:59 el 28.7% de siniestros, cuando la causa fue adelantamiento inadecuado / invadir carril. Entre 12:00 a 17:59 se presenta el 43.4% de siniestros por la causa daños mecánicos, siendo esta la franja horaria más destacada.

En la tabla 3, se presentan las causas de los siniestros viales en correspondencia con los factores identificados de condiciones de la vía y tipo de vía. Por la causa conduce con falta de atención a las condiciones del tránsito, el 87.3% de siniestros ocurrieron con vía seca.

Cuando la causa fue el estado de embriaguez, el 86.3% de siniestros ocurrieron también con vía seca, el 7.6%

con vía húmeda, el 4.6% en vía mojada y el 0.4% en vía con gravilla.

Esta dinámica se repitió en nueve de las diez causas identificadas en la tabla 1, es decir un alto porcentaje de siniestros ocurrieron en condiciones de vía seca.

Siendo la excepción la causa factor climático, en donde ocurrieron el 63.5% de siniestros con vía mojada, el 28.1% con vía húmeda, el 8.1% con vía seca y el 0.2% en vía con gravilla. Predominan las condiciones de vía seca y vía húmeda en los siniestros viales.

Tabla 2: Causas vs condiciones ambientales y horario.

Causa	Condiciones ambientales				Horario			
	despejado %	lluvia %	neblina %	nublado %	0:00 a 05:59 %	06:00 a 11:59 %	12:00 a 17:59 %	18:00 a 24:00 %
c1	90.1	7.6	1.4	0.9	17.8	24.5	29.7	28.0
c2	87.3	9.3	2.3	1.1	32.3	12.1	16.3	39.3
c3	88.4	8.0	2.1	1.6	26.9	20.3	21.7	31.1
c4	85.6	11.7	1.5	1.2	15.4	26.5	31.3	26.8
c5	82.6	12.0	4.2	1.2	18.2	26.1	29.3	26.4
c6	91.0	6.7	1.9	0.3	8.9	26.0	34.4	30.7
c7	13.0	75.1	3.2	8.8	23.4	23.7	29.6	23.3
c8	78.1	18.1	1.9	1.9	13.9	28.7	30.3	27.1
c9	89.1	7.1	1.5	2.2	10.5	27.0	43.4	19.1
c10	89.7	7.5	1.1	1.7	17.2	22.4	28.7	31.7
Otras	78.7	15.7	3.0	2.5	24.0	23.2	24.0	28.8

Con relación al tipo de vía, la mayor cantidad de siniestros se registraron en vía estatal. La Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre (LOSNIV) considera como red vial estatal aquella cuya competencia está a cargo del gobierno central, al conjunto de vías conformadas por las troncales nacionales que a su vez están integradas por todas las vías declaradas por el ministerio rector como corredores arteriales o como vías colectoras (Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre, 2017).

Por la primera causa, el 51.1% de siniestros se suscitaron en vía estatal, el 23.9% en vía urbana, el 13.8% en vía troncal, el 6% en vía rural y el 5.1% en vía perimetral, comportamiento similar se observó para las causas c2 y c10.

Para las causas c3, c5, c6 y c9, se mantuvo como vía de mayor ocurrencia de siniestros la estatal, sin embargo, se observaron diferencias menores entre las vías urbanas y troncales. En tanto que para las causas c4, c7 y c8 así como para las demás causas no

consideradas en las diez más relevantes, la segunda condición de vía predominante para el registro de siniestros fue la vía troncal.

En la figura 1, se observa que por la causa conduce con falta de atención a las condiciones del tránsito (c1), al ser predominante en la ocurrencia de siniestros viales en el periodo estudiado, se presentaron la mayor cantidad de víctimas mortales y personas con lesiones, con 1966 y 3310 respectivamente. Por las siguientes 9 causas identificadas, la tendencia es decreciente, con excepción de las causas c3 y c5, por las cuales se incrementó el número de víctimas mortales.

A partir de la figura 1, se observa además que la cantidad de víctimas fatales y la cantidad de personas lesionadas en siniestros viales mantienen una tendencia similar, sin importar de manera significativa la causa, a excepción de la causa factor climático, en donde el número de personas lesionadas se incrementa de manera significativa en comparación con el número de personas lesionadas.

Tabla 3: Causas vs condiciones y tipos de vías.

Causa	Condiciones de la vía					Tipo de vía				
	seca %	húmeda %	mojada %	con gravilla %	congelada %	Estatal %	urbana %	troncal %	rural %	Perimetral %
c1	87.4	7.6	4,6	0,4	0.0	51.1	23.9	13.8	6.0	5.1
c2	86.3	7.4	6.0	0.2	0.0	45.2	30.1	14.1	4.8	5.8
c3	85.4	7.8	5.8	0.9	0.1	51.0	16.2	17.1	8.0	7.8
c4	82.3	10.7	6.6	0.3	0.0	40.4	22.1	26.9	5.2	5.3
c5	81.7	7.9	9.9	0.6	0.0	44.5	21.3	20.9	5.9	7.4
c6	89.2	6.0	4.2	0.5	0.1	40.6	24.2	22.6	6.1	6.5
c7	8.1	28.1	63.5	0.2	0.2	43.2	8.9	36.3	6.8	4.7
c8	76.8	6.5	16.1	0.6	0.0	41.3	12.3	31.9	7.1	7.4
c9	88.0	4.9	6.0	1.1	0.0	47.6	16.5	18.0	9.7	8.2
c10	86.8	6.3	6.3	0.6	0.0	59.2	19.5	8.6	9.2	3.4
Otras	73.0	11.3	12.6	3.2	0.0	40.5	14.5	27.2	10.4	7.5

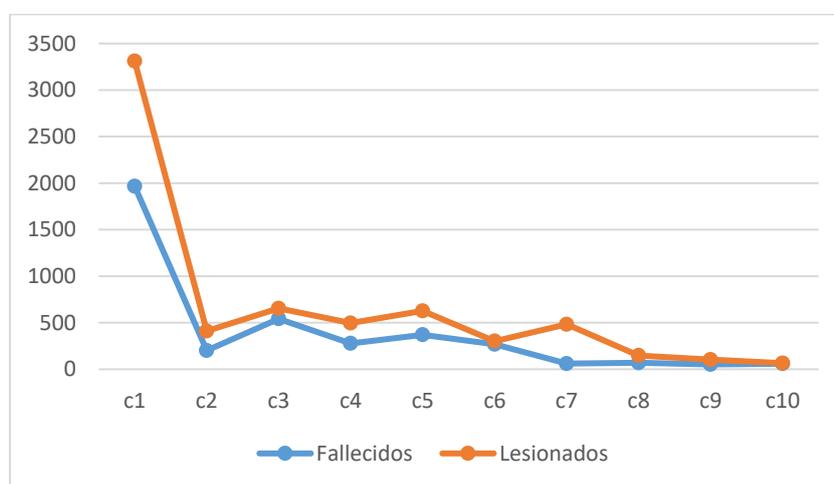


Figura 1: Causas vs fallecidos y lesionados en el Ecuador del 2015 al 2018.

En la figura 2, se muestran las frecuencias absolutas de personas fallecidas y lesionadas en siniestros viales por cada mes entre los años 2015 y 2018. En ambos casos se observa una tendencia decreciente, sin embargo, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2018, el número de personas lesionadas subió en un 133% promedio, dando como resultado

que en el año 2018 se produjeron el mayor número de personas lesionadas por siniestros viales en Ecuador.

En las figuras 3, 4 y 5, se muestran las frecuencias absolutas de personas fallecidas y lesionadas en siniestros viales entre los años 2015 y 2018, por condiciones ambientales, condición de la vía y tipo de vía, respectivamente.

En la figura 3 se determina que el mayor número de víctimas se produjo en condiciones ambientales de cielo despejado, con 3 431 fallecidos y 3976 lesionados. Cuando las condiciones ambientales se presentaron con lluvia, se contabilizaron 2153

personas lesionadas y 412 personas fallecidas, siendo la razón 5:1, es decir por cada 5 lesionados existió un fallecido, tal razón se mantiene cuando el ambiente presenta neblina y ambiente nublado.

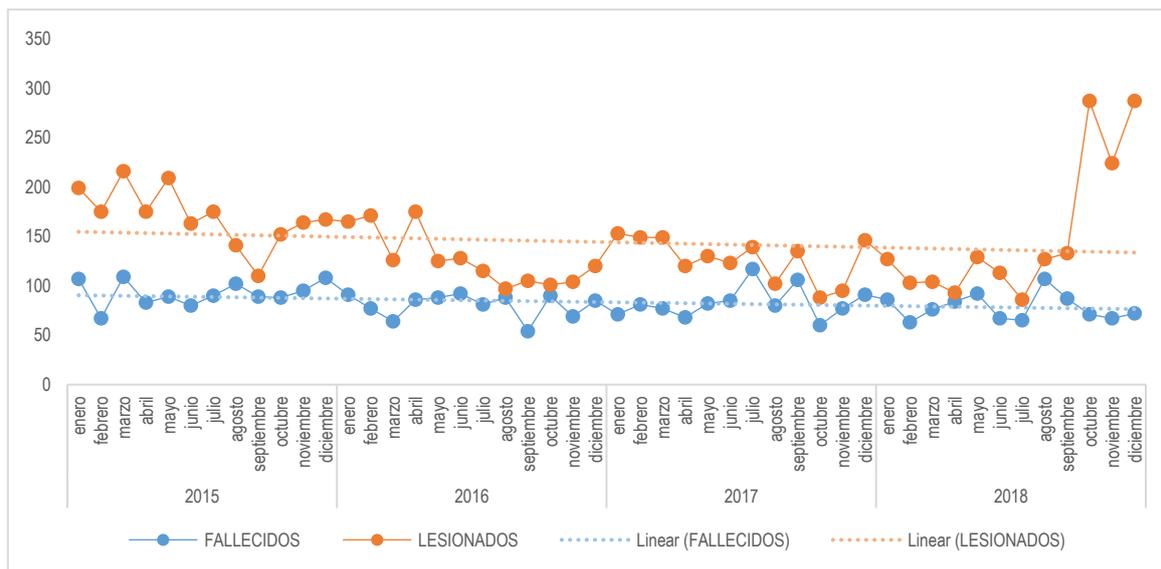


Figura 2: Personas fallecidas y lesionadas en siniestros viales.

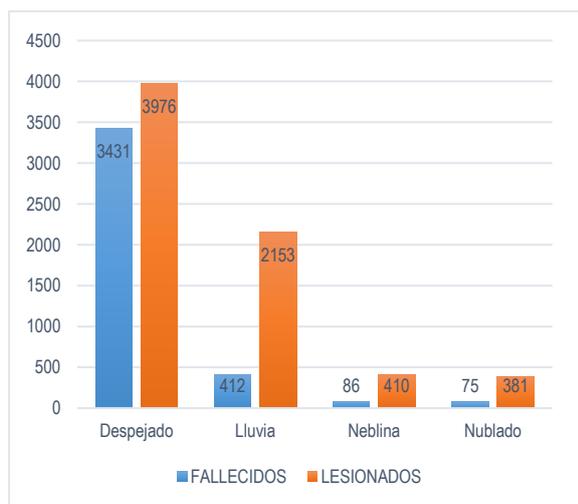


Figura 3: Condiciones ambientales vs fallecidos y lesionados.

En la figura 4 se observa que el mayor número de víctimas se produjo en vía seca, seguida de mojada y húmeda. Con vía mojada la razón entre lesionados y fallecidos es de 5:1, es decir por cada 5 lesionados existió un fallecido. Con vía húmeda la razón entre lesionados y fallecidos es de 3:1, es decir por cada 3 lesionados hubo un fallecido. La relación entre lesionados y fallecidos por vía con gravilla mantienen una relación aproximada de 1:1 al igual que en vía seca.

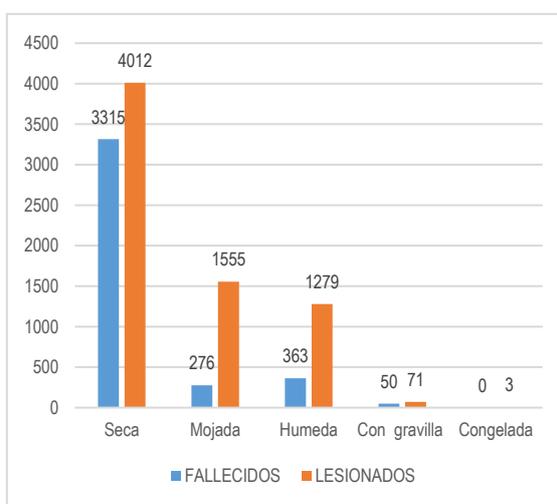


Figura 4: Condiciones de la vía vs fallecidos y lesionados.

En la figura 5 se observa que la mayor parte de personas fallecidas y lesionadas se presentaron en vías estatales, seguidas de trocales, rurales, urbanas y perimetrales, en este caso se mantuvo la razón aproximada 1:1 entre el número de lesionados y fallecidos, a excepción de aquellas situaciones de siniestros con víctimas en vías troncales, en donde la razón es de 2:1 entre lesionados y fallecidos.

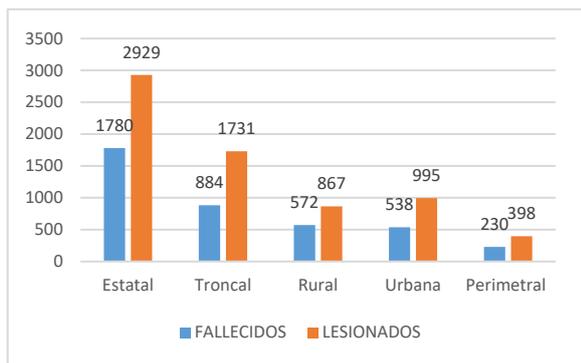


Figura 5: Tipo de vía vs fallecidos y lesionados.

3.2 Análisis de siniestros viales por zonas

Las zonas de influencia de la DNT comprenden las provincias de Carchi, Esmeraldas, Imbabura, Sucumbíos, Napo, Orellana, Pichincha, Chimborazo, Cotopaxi, Pastaza, Tungurahua, Manabí, Santo Domingo, Bolívar, Galápagos, Los Ríos, Azuay, Cañar, Morona Santiago, El Oro, Loja, Zamora y el Distrito Metropolitano de Quito. En la tabla 4 se presentan la cantidad de personas fallecidas, lesionadas y aquellos que resultaron ilesos, por zonas y causas predominantes, encontrándose que la causa Conduce con falta de atención a las condiciones del tránsito (c1), prevalece en las nueve zonas geográficas a las cuales correspondieron los datos, la segunda causa predominante es Exceso de velocidad (c5), presente en las zonas 1, 2, 4 y 5. La tercera causa predominante es No ceder el derecho de vía o preferencia de paso al peatón (c3), presente en las zonas 3 y 9.

Con relación a la cantidad de víctimas en siniestros viales, la zona 3 presenta la mayor ocurrencia, con un total de 2566 fallecidos y lesionados, seguida de la zona 2, con 1747 víctimas, en tanto que el menor número de víctimas se observa en la zona 9.

3.3 Tasa de mortalidad e índices de letalidad, motorización y accidentabilidad

Para el cálculo de la Tasa de mortalidad e Índice de letalidad se usaron los datos de población del año 2018, mientras que, para el cálculo de los índices de motorización e índice de accidentabilidad se usaron los datos del año 2017 esto debido a la disponibilidad de datos relacionada con el número de vehículos matriculados en ese año.

Los valores utilizados en los cálculos y que no corresponden a los datos propios de la investigación, fueron consultados en el sitio web Ecuador en cifras. La población ha sido calculada por medio de la proyección de población derivada del Censo General

2010 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2019).

Como se puede visualizar en la tabla 5, la tasa de mortalidad poblacional por siniestros viales presenta un comportamiento acentuado en la zona 3 con un valor de 1.4. En cuanto a los índices objeto de estudio, el índice de letalidad presenta su máximo valor en la zona 1 seguido de la zona 4 con 435.2 y 371.6, respectivamente. En relación con el índice de motorización es predominante en la zona 2 con un valor de 32.03.

Los resultados obtenidos con respecto al índice de accidentabilidad presentan su valor más alto en la zona 3 con 1.1, seguido se encuentra la zona 1 con un índice de 1.0.

Este trabajo, no toma en cuenta la zona 9 debido a la falta de disponibilidad de la información.

En países de similares características geográficas y demográficas como Ecuador, Perú y Colombia, han sido caracterizadas tanto las causas como los factores que inciden en un siniestro vial (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2018). Perú tiene el mayor índice de siniestros de tránsito por cada mil vehículos que circula en el país, con un total de 32 siniestros, seguido de Colombia y Ecuador con 15 y 13 siniestros respectivamente (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2018).

4 Alternativas de solución

Varios estudios han sido desarrollados con el propósito de formular estrategias de solución a la problemática de siniestros en las vías. En la tabla 6, se realiza un resumen de las investigaciones encontradas durante la revisión de la literatura.

A partir de la tabla 6 se identifica que las acciones están enfocadas a la prevención de siniestros de tránsito, desde el ámbito normativo, informativo y técnico. Evidenciando que existen instituciones y recursos que se ponen a disposición de la investigación de estrategias que permitan disminuir la tasa de siniestros viales, uno de los principales desafíos para casi todos los países.

Suecia es un claro ejemplo donde la seguridad vial es una cuestión de Estado y la misma se gestiona tomando todas las medidas necesarias para lograr los objetivos de reducción de muertos y heridos graves, para ello implementó la Visión Cero como política de seguridad vial, adoptada por el Parlamento de ese país. Visión Cero puede ser útil para resaltar la importancia de aplicar políticas alternativas e innovadoras de seguridad vial en diferentes contextos políticos.

Con relación al establecimiento de soluciones basadas en las nuevas tecnologías, varias son las propuestas

para la reducción de siniestros en la carretera. Así, Aldegheishem *et al.*, (2018), en su investigación señala que los vehículos se comunican entre sí para comprender mejor el entorno y evitar situaciones peligrosas. Los conductores deben recibir advertencias oportunas sobre cualquier situación peligrosa esperada para evitar accidentes.

Las alternativas abordadas proporcionan una instantánea sobre el amplio espectro de posibles soluciones. Definir cómo dar forma a este panorama de manera efectiva representa un importante desafío estratégico para la industria y las autoridades.

Tabla 4: Fallecidos, lesionados e ilesos por zonas y causas predominantes.

Zonas	Causas predominantes	%	Fallecidos	Lesionados	Ilesos
Zona 1 (Carchi, Esmeraldas, Imbabura, Sucumbíos)	c1	43.0	269	367	853
	c5	12.7	84	139	209
	Otras	44.3	300	408	901
Zona 2 (Napo, Orellana, Pichincha)	c1	46.6	265	473	1392
	c5	15.2	85	167	501
	otras	38.2	239	518	1153
Zona 3 (Chimborazo, Cotopaxi, Pastaza, Tungurahua)	c1	65.1	498	849	3973
	c3	10.2	229	246	171
	otras	24.8	256	488	1652
Zona 4 (Manabí, Santo Domingo)	c1	51.3	204	318	1023
	c5	9.4	70	95	137
	otras	39.3	194	404	843
Zona 5 (Bolívar, Galápagos, Los Ríos)	c1	71.2	289	485	892
	c5	9.8	45	78	93
	otras	19.0	84	164	252
Zona 6 (El Oro, Loja, Zamora)	c1	52.4	158	364	646
	c2	12.3	21	69	257
	otras	35.3	179	307	400
Zona 7 (Carchi, Esmeraldas, Imbabura, Sucumbíos)	c1	65.6	171	264	1134
	c2	10.0	26	53	249
	otras	24.3	97	218	423
Zona 9 (Distrito Metropolitano de Quito)	c1	50.6	112	190	713
	c3	12.6	51	63	44
	otras	36.8	78	193	656

Tabla 5: Zonas e índices.

	Tasa de mortalidad (fallecidos por cada 100000 habitantes)	Índice de letalidad (fallecidos por cada 1000 víctimas)	Índice de motorización (número de vehículos por cada 1000 habitantes)	Índice de accidentabilidad (accidentes por cada 1000 vehículos)
zona 1	0.8	435.2	9.38	1.0
zona 2	0.9	339.7	32.03	0.3
zona 3	1.4	314.2	14.48	1.1
zona 4	0.5	371.6	15.35	0.4
zona 5	0.7	344.6	9.10	0.8
zona 6	0.5	304.5	11.68	0.6
zona 7	0.3	308.6	10.95	0.6

Tabla 6: Alternativas de solución a siniestros viales.

Título de la Investigación	Alternativas	Referencia
Alternativas de solución para disminuir los accidentes de tránsito en la zona urbana del cantón Loja	Examen de conducir según normativa española involucra conocimientos, experticia, conocimiento del funcionamiento del vehículo.	(Armijos, 2014)
Propuesta técnica para la disminución de accidentes de tránsito dentro del cantón Cuenca desde el punto de vista humano – vehículo – equipamiento ambiental.	Propone 3 tipos de planeación: estratégica, táctica y operacional. En lo estratégico la elaboración del mapa ambiental para evaluación. En lo táctico conversión e interpretación de estrategias en planes concretos. En lo Operacional la subdivisión de planes tácticos en planes operacionales para cada tarea. El estudio determina actores principales, en este caso ministerios e instituciones de gobierno, en los ámbitos de infraestructura, seguridad, salud, control policial y municipal, involucrados con la problemática vial.	(Cabrera & Rocano, 2012)
Stopping Accidents before They Happen: Perceiving Lane-Level Moving Vehicle Danger Regions to Warn Surrounding Drivers and Pedestrians	Plantea un modelo IOV (internet de los vehículos) para implementar seguridad activa en el vehículo, por medio de varias pruebas se estima la exactitud y eficiencia. De acuerdo con los resultados el método puede rastrear y consultar datos dinámicos de gran alcance a una escala mayor, proporcionando servicios de seguridad activos para vehículos en regiones de peligro dinámico.	(Guo, Cao, Zeng, Cui, & Peng, 2016)
The alternative solution for traffic problem in Jakarta – Indonesia	La mejor y más importante alternativa de todas las soluciones propuestas es la voluntad política de los gobiernos y parlamentos otorgando una decisión en forma de leyes o reglamentos.	(Raharjo, 2012)
New technologies as a key factor to reduce traffic accidents	Introducción de postes de luz inteligentes, que incluyen iluminación LED, enrutadores WiFi y cámaras de vigilancia. De esta forma, gracias a la transmisión constante de datos, se crean soluciones de estacionamiento inteligentes o semáforos inteligentes para reducir la congestión diaria del tráfico. Este proyecto ha logrado crear una ciudad más conectada con un consumo de energía más eficiente. La tecnología V2V (vehículo a vehículo) es lo que gobierna la comunicación entre vehículos, que junto con los sensores emiten y reciben información, pudiendo saber lo que sucede a su alrededor.	(Azahara, 2019)
Vision Zero – a road safety policy innovation	El análisis revela que la decisión del Parlamento sueco de adoptar Visión Zero como política de seguridad vial de Suecia fue una innovación radical. Esta política es diferente a la política tradicional con respecto a la formulación del problema, su punto de vista sobre la responsabilidad, sus requisitos para la seguridad de los usuarios de la carretera y el objetivo final del trabajo de seguridad vial.	(Belin, Tillgren, & Vedung, 2012)
Smart Road Traffic Accidents Reduction Strategy Based on Intelligent Transportation Systems (TARS)	Los vehículos detectan su entorno e intercambiar sus datos detectados con los vehículos circundantes. Se instala una infraestructura llamada Road Side Units (RSU) a lo largo de las carreteras para ayudar a los vehículos que se mueven en sus proximidades. El objetivo de esta investigación es desarrollar un nuevo protocolo, denominado Estrategia de Reducción de Accidentes de Tráfico (TARS), para Redes de Vehículos Ad-hoc (VANET) para minimizar el número de accidentes de tránsito,	(Aldegheshem <i>et al.</i> , 2018)

5 Conclusiones

El estudio revela que, aunque ha disminuido la cantidad de accidentes con personas fallecidas y lesionadas en los últimos años en el Ecuador, las tasas correspondientes son aún elevadas. Al ser interés general de la población y de las instituciones tanto públicas como privadas, las causas de los siniestros viales han sido caracterizadas, así como también los factores ambientales, de vías y horarios.

A partir de este estudio, tanto las instituciones como la población, conductores, peatones y pasajeros podrán emprender acciones preventivas y de concientización que contribuyan a la reducción de las tasas e índices de mortalidad, accidentabilidad y letalidad. Por medio de técnicas de análisis de datos, tablas dinámicas y gráficos dinámicos pudieron ser identificados de forma rápida y sencilla tanto las causas como los factores. En este estudio se utilizaron los datos históricos proporcionados por la Dirección Nacional de Tránsito,

Como resultado del análisis se presentan 10 causas que habrían ocasionado el 96.3% de los siniestros, siendo la conducción con falta de atención la causa predominante, con una incidencia del 56.8% de siniestros. Fueron identificadas las condiciones ambientales, tipos y condiciones de la vía, y horario, a nivel nacional y por zonas, el estudio concluye con el cálculo de tasas e índices de mortalidad, letalidad, accidentabilidad y motorización. Los resultados alcanzados representan un aporte a los procesos de planificación y legislación de políticas preventivas que implementen instituciones públicas.

En 22 de las 24 provincias del Ecuador, se observaron diez causas predominantes, las que habrían ocasionado el 96.3% de los siniestros, siendo la conducción con falta de atención la primera causa con la mayor incidencia, seguida de la causa estado de embriaguez, no ceder el derecho de vía o preferencia de paso al peatón, la falta de atención en la conducción, el exceso de velocidad, la imprudencia del peatón, el factor climático, adelantamiento inadecuado, daños mecánicos y casos fortuitos.

Con respecto a los factores identificados, versus causa predominante se encontró que la mayor cantidad de siniestros ocurrieron con cielo despejado en nueve de las diez causas identificadas, siendo la excepción la causa factor climático. Un alto porcentaje de siniestros ocurrieron en condiciones de vía seca, en la causa principal conduce con falta de atención a las condiciones del tránsito, correspondió al 87.3.

En la sección de resultados se da a conocer que la zona 3 presenta la mayor cantidad de víctimas, seguida de la zona 2, en tanto que el menor número de víctimas se observa en la zona 9. La tasa de mortalidad y el

índice de accidentabilidad presenta los valores más elevados en la zona 3. En cuanto a los índices objeto de estudio, el índice de letalidad presenta su máximo valor en la zona 1 seguido de la zona 4. El índice de motorización es mayor en la zona 2.

Como trabajo próximo se presentarán pronósticos de siniestros viales haciendo uso de técnicas de minería de datos, la implementación de un dashboard de visualización accesible desde la web y desde dispositivos móviles por parte de usuarios registrados, con diferentes niveles de acceso. Así como también el diseño e implementación de informes ejecutivos por medio de herramientas inteligentes, con la finalidad de difundirlos ampliamente y consolidar el acceso universal a la información.

Conflicto de Interés

Los autores declaramos en forma libre y voluntaria no tener ningún tipo de Conflicto de Interés.

Agradecimiento

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Proyecto de Investigación “Gestión Inteligente del Tránsito para la Prevención de Accidentes basado en el Método de Descomposición de Valores Singulares Multinivel”, investigación compartida con la Dirección Nacional de Control de Tránsito y Seguridad Vial (DNT), dicho proyecto es parte del Grupo de investigación ModSim de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Referencias

- Aldegheishem, A., Yasmeen, H., Maryam, H., Shah, M., Mehmood, A., Alrajeh, N., & Song, H. (2018). Smart road traffic accidents reduction strategy based on intelligent transportation systems (TARS). *Sensors* 18(7), 1-23. <https://doi.org/10.3390/s18071983>
- Algora-Buenafé, A. F., Russo-Puga, M., Suasnavas-Bermúdez, P. R., Merino-Salazar, P., & Gómez-García, A. R. (2017). Tendencias de los accidentes de tránsito en Ecuador: 2000-2015. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 52-58 <https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgps16-33.tate>
- Armijos, J. (2014). *Alternativas de solución para disminuir los accidentes de tránsito en la zona urbana del Cantón Loja* (Tesis de grado). Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

- <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6644/1/UPS-CT003273.pdf>
- Azahara (2019, October 18). New technologies as a key factor to reduce traffic accidents [Blog post]. Retrieved from <https://geographica.com/en/blog/new-technologies-to-reduce-traffic-accidents/>
- Belin, M., Tillgren, P., & Vedung, E. (2012). Vision Zero – a road safety policy innovation. *International Journal of Injury Control and Safety*, 19(2), 171–179. <https://doi.org/10.1080/17457300.2011.635213>
- Cabrera, M., & Rocano, D. (2012). *Propuesta técnica para la disminución de los accidentes de tránsito dentro del cantón Cuenca desde el punto de vista humano-vehículo-equipamiento ambiental* (Tesis de grado). Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2721/12/UPS-CT002451.pdf>
- Campón, J. (2017). *Manual de Investigación de Siniestros Viales, Escuela de Tráfico de la Guardia Civil*. Madrid, España: Ministerio del Interior-Dirección General de Tránsito.
- Comisión Nacional de Seguridad. (2015). Comisión Nacional de Seguridad. Recuperado de <https://www.gob.mx/sspc/es/articulos/que-es-la-comision-nacional-de-seguridad?idiom=es>
- Dirección Nacional de Control de Tránsito y Seguridad Vial. (2019a). *Base de datos I 2015-2018*. Hoja de cálculo, Quito.
- Dirección Nacional de Control de Tránsito y Seguridad Vial. (2019b). *Quiénes Somos Dirección Nacional de Control de Tránsito y Seguridad Vial*. Recuperado de <https://www.policia.gob.ec/quienes-somos-direccion-nacional-de-control-de-transito-y-seguridad-vial/>
- Gómez-García, A., Russo Puga, M., Suasnavas Bermúdez, P., Chérrez Miño, M., González Jijón, L., & Celín Ortega, F. (2016). Caracterización de la Mortalidad por Accidentes de Tránsito en Ecuador. *CienciaAmérica*, 5(1), 22-31. <http://cienciamerica.uti.edu.ec/openjournal/index.php/uti/article/view/49>
- Guo, C., Cao, G., Zeng, J., Cui, J., & Peng, R. (2016). Stopping accidents before they happen: perceiving lane-level moving vehicle danger regions to warn surrounding drivers and pedestrians. *Journal of Sensors*, 2016. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3071401>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2018). *Anuario de Estadísticas de Transporte 2017*. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2017/2017_TRANSPORTE_PRESENTACION.pdf
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2019). *Proyecciones Poblacionales*. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales>.
- International Organization of Traffic Accidentology (2015) Factores de Riesgos en Siniestros Viales [Blog post]. Available at: <http://www.accidentologiavial.net/factores-de-riesgos-en-siniestros-viales/>.
- Ho, J.K.K. (2018). Using the Excel pivot table (EPT) function as a research decision support system (DSS): A research note. *European Academic Research*, 6(2), 637-655. <http://www.euacademic.org/UploadArticle/3551.pdf>
- Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre. R.O. No. 998, Suplemento, del 05-05-2017*. Recuperado de <https://www.asambleanacional.gob.ec/es/leyes-aprobadas?Leyes-aprobadas=All&title=LEY+ORGANICA+DE+L+SISTEMA+NACIONAL+DE+INFRAESTRUCTURA+VIAL+DEL+TRANSPORTE+TERRESTRE&fecha=>
- Narváez, Y. V., Parra, V., Peña, Ruíz, L., Zamorano, B., Vargas, J. I., & Monreal, O. (2019). Road risk behaviors: Pedestrian experiences. *Traffic Injury Prevention*, 20(3), 303-307. <https://doi.org/10.1080/15389588.2019.1573318>
- Organización Mundial de la Salud. (2004). *Día Mundial de la Salud: ¡La seguridad vial no es accidental!*. Recuperado de <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr24/es/>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Accidentes de tránsito*. Recuperado de

https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/es/

Raharjo, H. (2012). The Alternative Solution for Traffic Problem in Jakarta-Indonesia. *International Journal of Business and Management Studies*, 1(2), 315-320. <http://universitypublications.net/ijbms/0102/pdf/PRG272.pdf>

Reyes, R. H., Jiménez Sánchez, P. L. Hernández Hernández, V. & Campos Alanís, J. (2012). Siniestralidad por accidentes de tránsito en México. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 4(4), 291-309.

Román, D. X. (2015). *Integración de un programa de seguridad vial al modelo Ecuador* (Trabajo de Titulación de Magister). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://192.188.53.14/bitstream/23000/4030/1/10442.pdf>

Trujillo-Trejos, I., Gutiérrez-Calderón, E., Giraldo-Castañeda, E., Grisales-Giraldo, G., & Agudelo-Suárez, A. (2018). Lesiones por accidentes de tránsito en una institución de salud en el municipio de Pereira entre los años 2014-2017. *Revista Universidad y Salud*, 21(1), 08-18. <https://doi.org/10.22267/rus.192101.135>

Wong, P., Salazar, D., Bérninzon, L., Rodríguez, A., Salazar, M., Valderrama, H., ... & Fuentes, I. (2009). Caracterización de los accidentes de tránsito en la región Callao-Perú, 1996-2004. *Revista Peruana de Epidemiología*, 13(3), 1-9. <https://www.redalyc.org/pdf/2031/203120367003.pdf>