



**UNIVERSIDAD
GERARDO BARRIOS**
Líderes en Gestión del Conocimiento



Vicerrectoría de Investigación

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Estudio de flujo vehicular en la Avenida Roosevelt de la ciudad de San Miguel

Informe técnico de investigación

Nurian Yamileth Luna Laínez

El Salvador, 2020



**UNIVERSIDAD
GERARDO BARRIOS**
Líderes en Gestión del Conocimiento



Vicerrectoría de Investigación

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Estudio del flujo vehicular en la Avenida Roosevelt de la ciudad de San Miguel

Informe de Investigación

Nurian Yamileth Luna Laínez

El Salvador, 2020

Editorial Universidad Gerardo Barrios

Estudio de flujo vehicular en la Avenida Roosevelt de la ciudad de San Miguel

Nurian Yamileth Luna Láinez

Informe Técnico de Investigación 2020

Vicerrectoría de Investigación

© Universidad Gerardo Barrios, 2021

ISBN 978-99983-57-25-9 (E-Book, pdf)

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, ni parcial ni totalmente, ni registrada en/o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni formato, por ningún medio, sea mecánico, fotocopiado, electrónico o cualquier otro sin el permiso previo y por escrito de la editorial.

editorial@ugb.edu.sv

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	2
2. JUSTIFICACIÓN	5
3. OBJETIVOS.....	7
4. METODOLOGÍA	7
5. RESULTADOS.....	16
6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	16
7. ANEXOS	18
8. REFERENCIAS	20

1. INTRODUCCIÓN

El orden de crecimiento de las ciudades es inevitable, pero, se deben controlar y establecer parámetros que permitan una circulación rápida, desde la lógica de las paradas de autobús hasta la programación de los semáforos de tipo autónomos, es decir, que sus tiempos sean cambiantes según sea el tráfico. Una mala organización de estaciones de autobuses puede generar un tráfico de 8 vehículos en 30 segundos para subir o bajar pasajeros (Toledo et al., 2008). Una estructura vial es importante para que una ciudad crezca, ya que éstas facilitan el traslado y la comunicación, la estructura vial se debe planificar para que el servicio de la población, y que facilite el traslado de las personas de manera colectiva, particular y el transporte de productos.

Es necesario que una infraestructura vial permita que las transacciones diarias se realicen con normalidad y en el menor tiempo posible, además, disminuyendo costos y la contaminación de las ciudades (Litman, 2013). El congestionamiento de vehículos ocasiona pérdidas de tiempo y dinero, incrementa el riesgo de accidentes y las emisiones del efecto invernadero. Al administrar el tráfico de mejor manera se disminuyen del 7% al 12% las emisiones de CO₂ (Barth, 2009).

Debido a que las TIC's facilitan muchas transacciones, las sociedades están exigiendo cada vez más una mejor movilidad, el usuario es cada vez más intolerante con las demoras, y la mala calidad de algunos servicios de transporte, el estudio de Bermúdez propone que no es necesario construir más calles si no que se realice una optimización

del sistema de transporte actual y el desarrollo sostenible del mismo (Bermudez, 2011). Se puede pensar que ordenar el flujo vehicular es solamente trabajo de las autoridades, gobierno central y municipal, pero actualmente existe una variedad de aplicaciones que buscan disminuir el tiempo de viaje de los usuarios, desarrolladas por empresas o, como una propuesta de solución por parte de la academia.

A nivel mundial Existen aplicaciones como Google Maps, Waze, Uber, que permiten conocer en tiempo real el tráfico, principalmente en las ciudades donde estás tengan mayor cantidad de usuarios. Waze tiene 115 millones de usuarios a nivel mundial, según su sitio web oficial (Waze, 2018). Estas aplicaciones no cuentan con un análisis sistemático para equilibrar el tráfico de las ciudades (Acemoglu, 2018). La aplicación Next Road Rerouting (NRR), reporta una disminución de los tiempos promedios de viaje desde un 38.02% hasta un 65.42%, cuando es utilizada, este resultado se basa en la orientación de los vehículos según la ocupación de la carretera, el tiempo de viaje y, la distancia geográfica al destino, para el desarrollo de esta aplicación se utilizaron diferentes softwares para establecer por medio de simulación los tiempos promedios (Wang, 2016).

El control de flujo vehicular es objeto de estudio en diversidad de países como Colombia, en donde, por medio de la programación de semáforos con tiempos fijos, coordinación computarizada, controlador de lógica difusa, entre otro tipo de métodos, se ha tratado de mejorar el flujo vehicular, previendo con estas alternativas generar menos tráfico vehicular en las grandes ciudades (Fernando y Augusto, 2006).

En este documento se presenta la investigación Estudio del flujo vehicular en la Avenida Roosevelt de la ciudad de San Miguel. Esta investigación consistió en realizar un análisis histórico de la cantidad de vehículos que circulan por un punto en específico. Este análisis se realizó mediante parámetros de control de tráfico. Además, en este documento encuentra la justificación del estudio en donde se realizó un análisis de causa - efecto con el Diagrama de Ishikawa, comúnmente conocida como espina de pescado. Este análisis proporciona un amplio panorama en cuanto a las diferentes causas y efectos sobre un problema determinado obteniendo diversas causas, pero priorizando la que está al alcance del estudio y justificando con datos la causa que se ha priorizado. Además, el diagrama presenta otro tipo de problemas que pueden ser abordados desde otras disciplinas de estudio.

Brindando orientación al estudio, se presenta el objetivo general y los específicos, que serán a los que se debe brindar cumplimiento al finalizar la investigación. La metodología se presenta de manera general con las respectivas fases del estudio y el detalle del por qué se selecciona esta metodología. En este apartado también se detallan las características del punto a estudiar.

Debido a la pandemia, el estudio tomó un rumbo diferente al original, la situación de cuarentena y restricciones de salida en El Salvador, disminuyó notablemente la carga vehicular en las ciudades, sin embargo, es importante destacar que una vez se vuelva a la nueva normalidad, habrá que proponer estrategias para disminuir los tiempos en el tráfico.

2. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial han causado, mayor congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales, lo que acarrea pérdida de eficiencia económica y otros efectos negativos para la sociedad. Por lo tanto, es preocupante la creciente disponibilidad de automóviles que han permitido una mayor movilidad individual, sumado a esto el crecimiento de la población, el transporte urbano ha potenciado la congestión en algunos puntos de la ciudad de San Miguel.

Para determinar la problemática, se utilizó un diagrama de causa efecto, en el que se colocan diferentes categorías las causas de un problema (Grech, 2001), y así por medio del estudio, disminuir o eliminar una de las causas que originan el problema. Las categorías para el problema del tráfico vehicular son:

- Personas: Relacionando aquellas causas que tienen que ver con los conductores.
- Procedimientos: Esta categoría está asociada a las causas de diseño y señalización, que corresponde a las entidades de gobierno local y nacional.
- Condiciones ambientales: aquellas situaciones que escapan del control humano, como los fenómenos naturales.
- Vehículos: refiriéndose a las situaciones anormales que pueden presentar los vehículos automotores en la carretera.

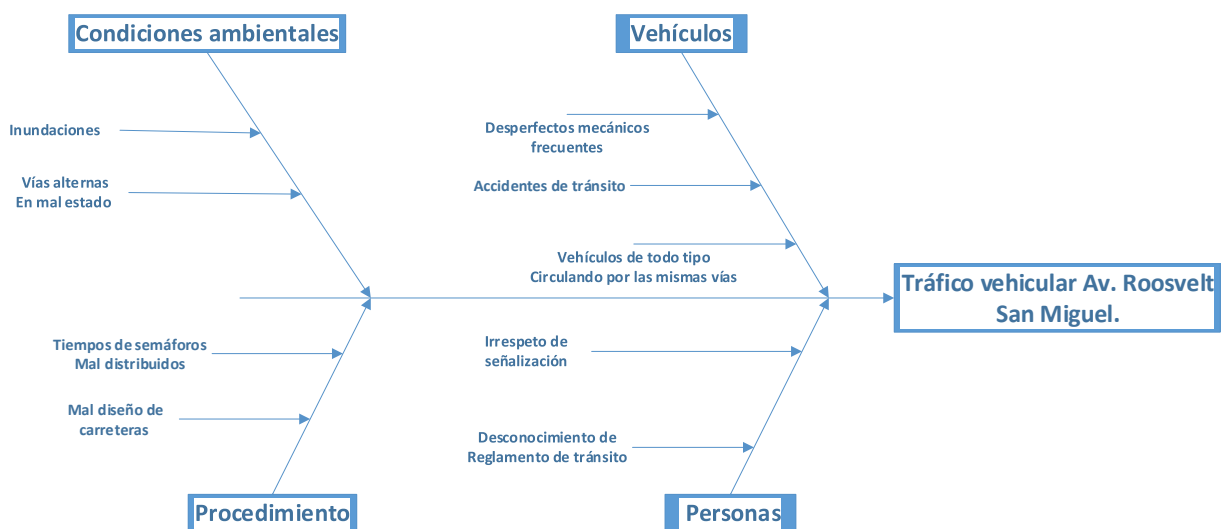


Diagrama 1 Causa - efecto de la problemática

Tomando en cuenta que con las condiciones ambientales lo que queda es prevención y es un problema que está fuera del alcance, los efectos que derivan de vehículos son situaciones particulares y específicas que también salen del alcance de esta investigación

al igual que el de las personas, se abordaron las causas sobre el diseño de carreteras y mal distribución de los tiempos de los semáforos.

El congestionamiento de vehículos ocasiona pérdidas de tiempo y dinero, incrementa el riesgo de accidentes y las emisiones del efecto invernadero. Al administrar el tráfico de mejor manera se disminuyen del 7% al 12% las emisiones de CO₂ (Barth & Boriboonsomsin, 2013). Al disminuir los tiempos de transporte de personas y mercaderías se logran disminuir costos y contaminación de las ciudades (Litman, 2013). En El Salvador, el Vice Ministerio de Transporte proporciona estadísticas sobre el rango de edades de fallecidos de enero a julio de 2019, siendo 125 personas entre 19 y 25 años, en donde la mayoría fue por choques y colisiones (Viceministerio de transporte, 2019b).

Los accidentes de tránsito ocurridos de enero a julio 2019 en la zona oriental fueron de 1717, el 54.2% de estos ocurrieron en San Miguel (Viceministerio de Transporte, 2019a). En San Miguel existe un total de 95,401 vehículos inscritos a julio del 2019 que representa el 7.71% del total de vehículos inscritos a nivel nacional (Viceministerio de Transporte, 2019c). Esta información es de vital importancia, pero es difícil determinar con esta, acciones de mejora en cuanto al flujo de vehículos, generando, un faltante de información sobre cantidad de vehículos que transitan por las calles de San Miguel, cuáles son las horas pico de tráfico y cuáles son las alternativas en cuanto a mejorar la movilidad de vehículos dentro de la ciudad y aquellos que solamente utilizan la ciudad como conexión a otra ciudad aledaña (tránsito).

Los resultados de este estudio son relevantes para la evaluación del diseño actual de las carreteras, lo que permite como academia tener un criterio científico para proponer mejoras de esta vía y además comprobando por medio del estudio de colas que un mal diseño de carreteras genera un caos vehicular en las ciudades.

Esta investigación responde a la meta del año 2030 del Objetivo de Desarrollo Sostenible 11, en el que se propone que para ese año se brinde acceso a transporte adecuado, seguro y asequible. Además, esta investigación es relevante porque analizar el diseño actual de la carretera y los parámetros de congestionamiento dando paso a una nueva investigación de tipo correlacional para evaluar la relación entre el diseño de carretera y el congestionamiento de la ciudad.

3. OBJETIVOS

a) Objetivo General

Analizar el flujo vehicular en un punto de congestión vehicular de la ciudad de San Miguel.

b) Objetivos Específicos

- Utilizar datos históricos sobre el aforo de vehículos en un punto de San Miguel para el análisis del comportamiento del tráfico vehicular.
- Calcular parámetros de tráfico vehicular para obtener las horas de mayor congestión en el punto determinado.
- Analizar la información sobre señalización en el punto determinado.

4. METODOLOGÍA

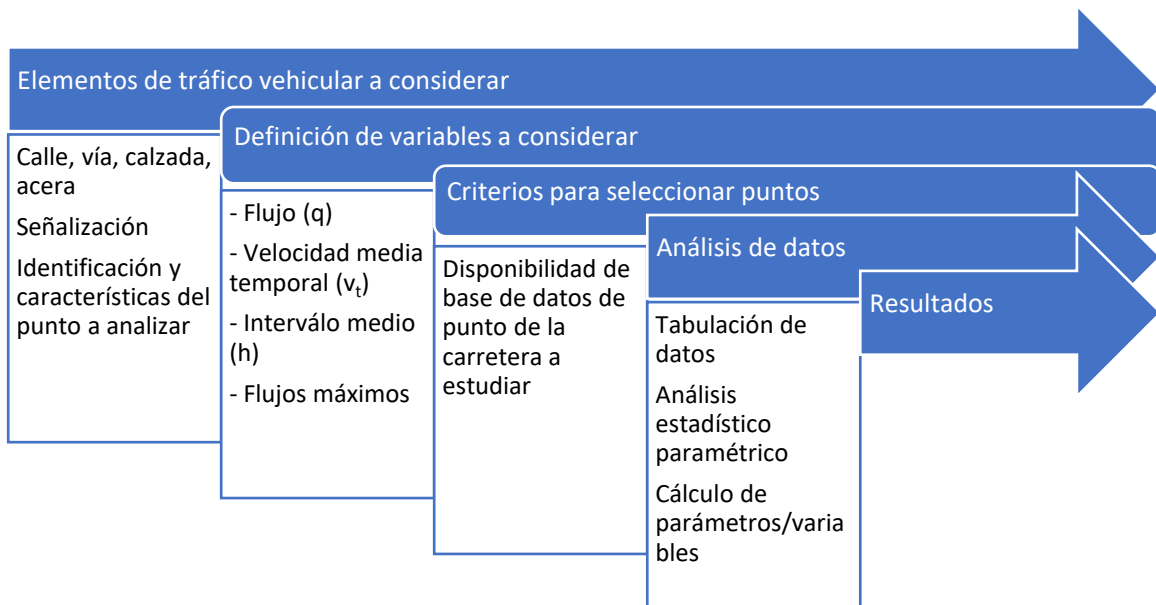


Figure 1 Metodología general del estudio. Fuente: Creación propia

La metodología que fue utilizada es una integración de técnicas de aforo para diseño de carreteras junto a las variables de tráfico vehicular propuestas por Fernández. Se revisaron los estudios realizados a nivel internacional, regional y nacional. El análisis de aforo, de carreteras y factores socioeconómicos se realizó en (Ágreda & Martínez, 2019).

Debido a la situación de la Pandemia Covid-19, se procedió a la búsqueda por medio del docente de la asignatura Ingeniería de Carreteras de la carrera de Ingeniería Civil, se solicitó un aforo realizado por estudiantes que estuviera disponible, en esta oportunidad se obtuvieron los datos del km 142 de la carretera Panamericana, salida a La Unión.

4.1. Características del punto aforado



Ilustración 1 Referencia en el mapa del punto a analizar. Fuente: Google Maps

Dirección: CA 1, San Miguel

Código plus de Google Maps: FR5Q+WW San Miguel

Esta rotonda conecta la carretera CA 1, tiene 3 entradas y 3 salidas.

Las entradas y salidas son:

- De La Unión a San Miguel (conecta a Colonias La Pradera, La Carrillo)
- De San Miguel a La Unión (Conecta la Avenida Roosevelt de San Miguel, colonias Palo Blanco, Urbanización California, Colonia Ciudad Real, Metrocentro San Miguel)
- De la calle de Usulután a San Miguel (Conecta a Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador, Ingenio Azucarero Chaparrastique).

En los alrededores de la rotonda se encuentran diversos negocios, entre ellos una gasolinera, un supermercado y un comedor. También cuenta con una parada de bus frente a la gasolinera en el sentido de la calle de La Unión hacia San Miguel. La señalización con la que cuenta esta rotonda son nada más señales verticales de Alto antes de ingresar a la misma. Se presenta a continuación el plano de la rotonda con las respectivas dimensiones de la calle y el radio de la rotonda.

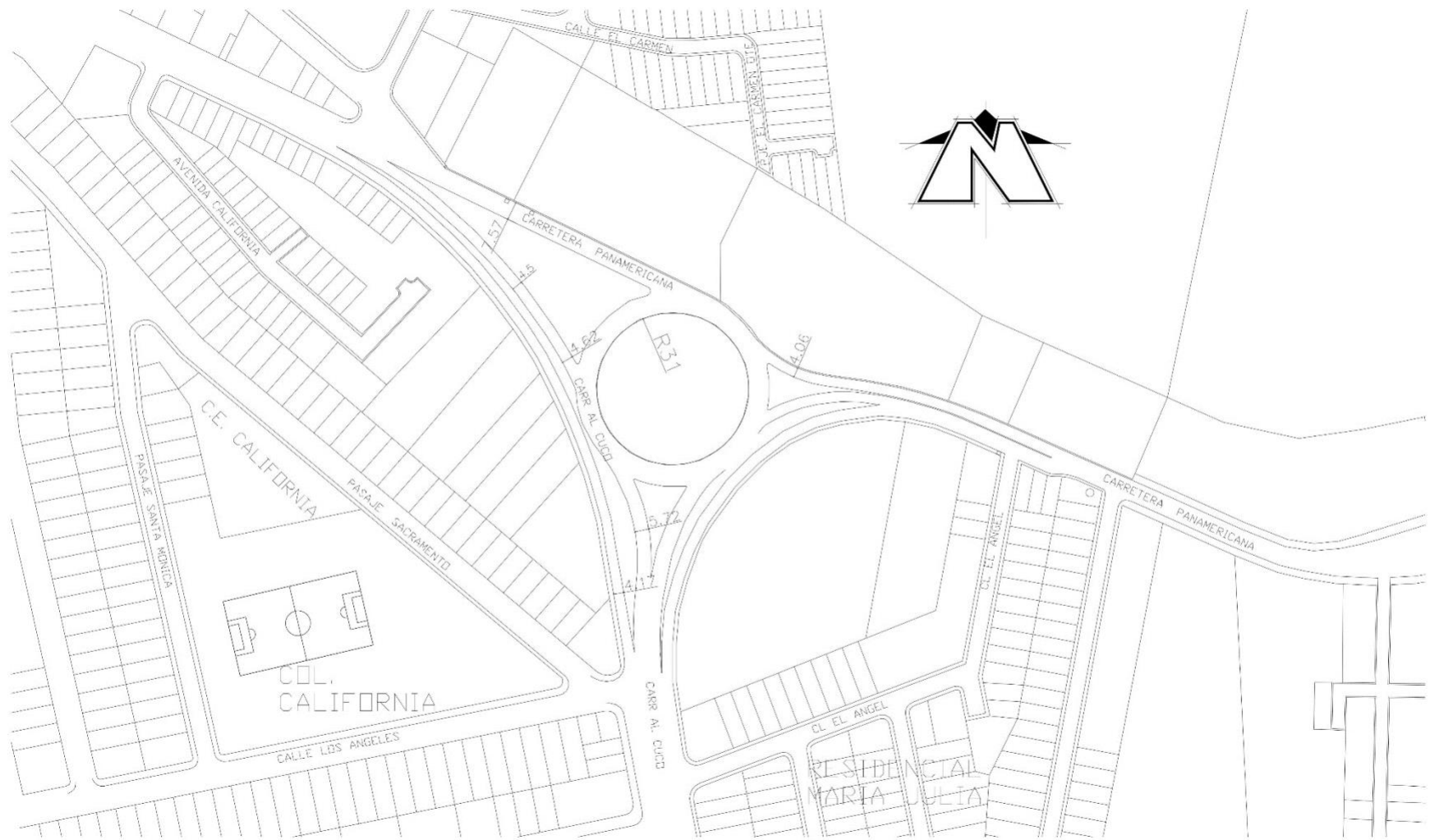


Ilustración 2 Plano de la Rotonda Monseñor Oscar Arnulfo Romero

4.2. Recolección de datos

Para la recolección de datos, se contactó con el Ing. Roberto Estrada, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura en el área de carreteras, solicitando un estudio reciente sobre la Avenida Roosevelt. Se obtuvieron los datos de la rotonda Mons. Oscar Arnulfo Romero, ubicada en la salida de San Miguel hacia La Unión. Los estudiantes que realizaron el aforo William Antonio Araniva Robles, Oscar Remberto Blanco Carranza, Carlos Mauricio Córdova Álvarez y Bryan Josué Gómez Alvarado. Se agradece la disponibilidad del docente y estudiantes. La fecha del aforo es 29 de noviembre de 2019 y se realizó de 6:00 a.m. a 6:00 p.m. en sentidos Oriente – Poniente y viceversa.

Se presenta el porcentaje de vehículos que circulan por la vía en el tiempo total del aforo realizado.

Tipo de vehículo	% Poniente oriente	% Oriente poniente
Carros, coches	71.62	74.96%
Bicicletas	3.52	3.66%
Motos	6.79	8.50%
Camiones de 4 ruedas	4.04	3.51%
Tractor agrícola	0.23	0.23%
Camión (sin remolque)	2.93	1.46%
Camiones (Con remolque o rastra)	4.23	2.91%
Autobuses del transporte público	6.66	4.77%

Tabla 1 Porcentaje de tipo de vehículos que circulan por la vía en las horas contabilizadas. Fuente: Elaboración propia.

La recolección realizada y los datos que se tomaron en cuenta para este estudio son resultado de una observación temporal (Fernández, 2010) lo que permite obtener las variables siguientes:

- Flujo (q): Es la cantidad o volumen de vehículos que pasan por el punto donde se realiza la observación durante un período de tiempo T. Sus unidades son vehículos por hora (veh/hora).

$$q = \frac{n}{T}$$

Para este caso, se tiene en el sentido de poniente-oriente (saliendo de San Miguel hacia La Unión) que el flujo es:

$$q = \frac{n}{T} = \frac{13308}{12} = 1109 \frac{\text{vehículos}}{\text{hora}}$$

Sentidos Oriente Poniente de La Unión a San Miguel:

$$q = \frac{n}{T} = \frac{13211}{12} = 1100.917 \frac{\text{vehículos}}{\text{hora}}$$

- Velocidad media temporal (v_t): Se expresa en kilómetros por hora (km/h) y es el promedio aritmético, pendiente de la trayectoria s-t, que son las velocidades instantáneas. Se calcula de la siguiente manera:

$$v_t = \frac{1}{n} \sum_i v_i$$

Tomando de referencia la velocidad establecida en el Reglamento de Tránsito, para vehículos que entran a una rotonda, se tiene que es de 30 km por hora (Ministerio de Obras Públicas, 1995):

$$v_t = \frac{1}{1109} \left(30 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \right) = 0.0725 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

- Intervalo medio (h): Es promedio de los tiempos entre puntos homólogos de vehículos y equivale al inverso del flujo que pasa por un punto observado en un período de tiempo T.

$$h = \frac{1}{n} \sum_i h_i = \frac{T}{n} = \frac{1}{q}$$

Para este caso se tiene en el sentido de poniente-oriente:

$$h = \frac{1}{q \left(\frac{\text{vehículo}}{\text{hora}} \right)} = \frac{1}{1109} = 0.000902 \text{ hora}$$

4.3. Cálculo de los flujos máximos y el volumen por intervalos de 15 minutos.

A continuación, se presenta la tabulación del aforo realizado y se ha calculado el flujo en intervalos de 15 minutos, que es el tiempo en que se tomó el aforo.

Sentido: Poniente - Oriente

	Hora		Total	q por periodos vehículos/hora		Hora		Total	q por periodos vehículos/hora
1	6:00 AM	6:15 AM	210	840	25	12:00	12:15	359	1436
2	6:15 AM	6:30 AM	291	1164	26	12:15	12:30	379	1516
3	6:30 AM	6:45 AM	330	1320	27	12:30	12:45	358	1432
4	6:45 AM	7:00 AM	310	1240	28	12:45	1:00 PM	372	1488
5	7:00 AM	7:15 AM	454	1816	29	1:00 PM	1:15	319	1276
6	7:15 AM	7:30 AM	409	1636	30	1:15	1:30	297	1188
7	7:30 AM	7:45	364	1456	31	1:30	1:45	281	1124
8	7:45	8:00 AM	414	1656	32	1:45	2:00	162	648
9	8:00 AM	8:15	364	1456	33	2:00	2:15	185	740
10	8:15	8:30	391	1564	34	2:15	2:30	165	660
11	8:30	8:45	431	1724	35	2:30	2:45	162	648
12	8:45	9:00	378	1512	36	2:45	3:00	173	692
13	9:00	9:15	288	1152	37	3:00	3:15	179	716
14	9:15	9:30	274	1096	38	3:15	3:30	161	644
15	9:30	9:45	219	876	39	3:30	3:45	186	744
16	9:45	10:00	191	764	40	3:45	4:00	198	792
17	10:00	10:15	209	836	41	4:00	4:15	248	992
18	10:15	10:30	144	576	42	4:15	4:30	270	1080
19	10:30	10:45	133	532	43	4:30	4:45	290	1160
20	10:45	11:00	192	768	44	4:45	5:00	306	1224
21	11:00	11:15	219	876	45	5:00	5:15	303	1212
22	11:15	11:30	326	1304	46	5:15	5:30	290	1160
23	11:30	11:45	175	700	47	5:30	5:45	299	1196
24	11:45	12:00	323	1292	48	5:45	6:00	327	1308
Totales								13308	

Tabla 2 Tabla de flujo de vehículos por intervalos de 15 minutos, sentido Poniente - Oriente. Fuente: Elaboración propia

Graficando el flujo vehicular (q) versus la cantidad de vehículos y el promedio de vehículos que circulan por hora, se tiene:

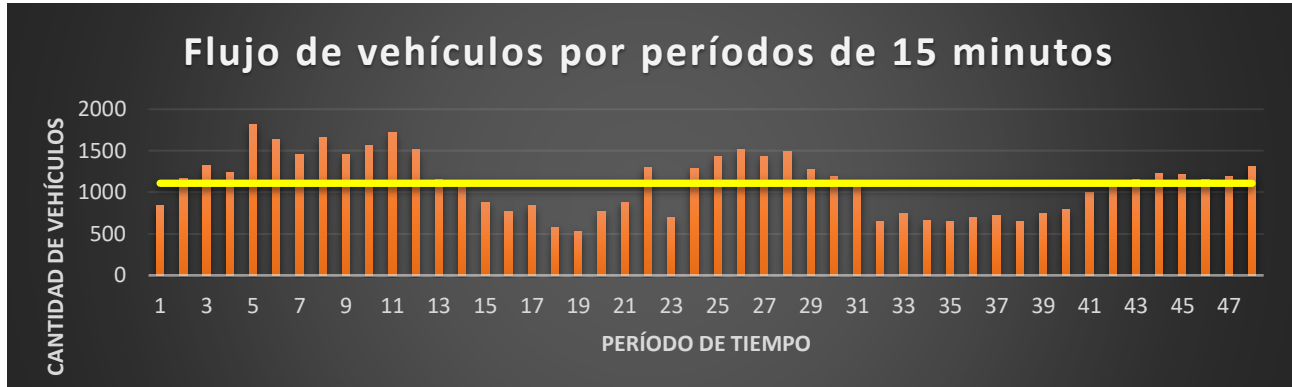


Gráfico 1 Flujo de vehículos por intervalos de 15 minutos, representando el promedio del día. Sentido Poniente - Oriente. Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis de los diferentes intervalos, los que sobrepasan la línea amarilla (1109 vehículos/hora), que representa el promedio diario de vehículos y aquellos intervalos de tiempo que están bajo este promedio. Según la gráfica se pueden observar diferentes períodos de tiempo y flujo de vehículos, se presenta a continuación los períodos de tiempo continuos que tienen mayor flujo de vehículos:

Horario	Total de vehículos del lapso de tiempo	Cantidad de tiempo (horas)	q
6:15 a.m. - 9:15 a.m.	4424	3	1474.67
11:15 a.m. - 1:45 p.m.	3014	2.75	1096
4:30 p.m. - 6:00 p.m.	1815	1.5	1210

Tabla 3 Horarios con mayor flujo de vehículos. Sentido Poniente-Oriente. Fuente: Elaboración propia

Sentido oriente – poniente

	Hora		Total	q por períodos vehículos/hora		Hora		Total	q por períodos vehículos/hora
1	6:00 AM	6:15 AM	215	860	25	12:00	12:15	331	1324
2	6:15 AM	6:30 AM	325	1300	26	12:15	12:30	341	1364

3	6:30 AM	6:45 AM	391	1564	27	12:30	12:45	327	1308
4	6:45 AM	7:00 AM	378	1512	28	12:45	1:00 PM	338	1352
5	7:00 AM	7:15 AM	488	1952	29	1:00 PM	1:15	277	1108
6	7:15 AM	7:30 AM	445	1780	30	1:15	1:30	265	1060
7	7:30 AM	7:45	409	1636	31	1:30	1:45	208	832
8	7:45	8:00 AM	488	1952	32	1:45	2:00	168	672
9	8:00 AM	8:15	415	1660	33	2:00	2:15	153	612
10	8:15	8:30	427	1708	34	2:15	2:30	135	540
11	8:30	8:45	460	1840	35	2:30	2:45	142	568
12	8:45	9:00	353	1412	36	2:45	3:00	157	628
13	9:00	9:15	263	1052	37	3:00	3:15	157	628
14	9:15	9:30	244	976	38	3:15	3:30	179	716
15	9:30	9:45	151	604	39	3:30	3:45	207	828
16	9:45	10:00	170	680	40	3:45	4:00	187	748
17	10:00	10:15	210	840	41	4:00	4:15	213	852
18	10:15	10:30	119	476	42	4:15	4:30	282	1128
19	10:30	10:45	126	504	43	4:30	4:45	319	1276
20	10:45	11:00	207	828	44	4:45	5:00	269	1076
21	11:00	11:15	224	896	45	5:00	5:15	324	1296
22	11:15	11:30	350	1400	46	5:15	5:30	317	1268
23	11:30	11:45	155	620	47	5:30	5:45	286	1144
24	11:45	12:00	294	1176	48	5:45	6:00	322	1288
Totales								13211	

Tabla 4 Tabla de flujo de vehículos por intervalos de 15 minutos, sentido Oriente-Poniente. Fuente: Elaboración propia

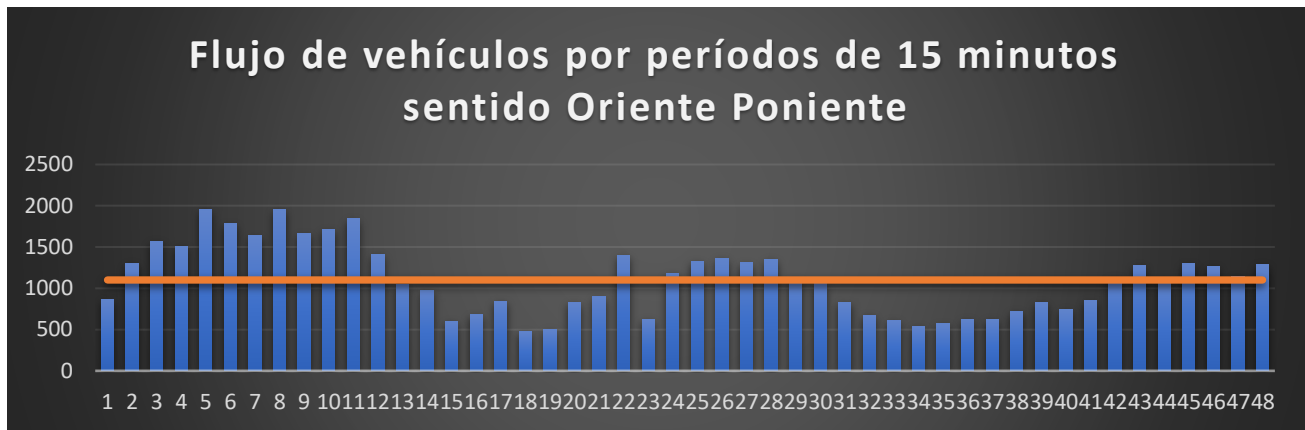


Gráfico 2 Flujo de vehículos por intervalos de 15 minutos, representando el promedio del día. Sentido Oriente- Poniente. Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis de los diferentes intervalos, los que sobrepasan la línea amarilla (1109 vehículos/hora), que representa el promedio diario de vehículos y aquellos intervalos de tiempo que están bajo este promedio. Según la gráfica se pueden observar diferentes períodos de tiempo y flujo de vehículos, se presenta a continuación los períodos de tiempo continuos que tienen mayor flujo de vehículos:

Horario	Total de vehículos de del lapso	Cantidad de tiempo (horas)	q
6:15 a.m. - 9:00 a.m.	4579	2.75	1665.091
6:15 a.m. - 9:15 a.m.	350	0.25	1400
4:15 p.m. - 4:45 p.m.	601	0.5	1202
5:00 p.m. - 6:00 p.m.	1249	1	1249

Tabla 5 Horarios con mayor flujo de vehículos. Sentido Oriente-Poniente. Fuente: Elaboración propia

Obtenidos los intervalos de mayor circulación en ambos sentidos, se presenta a continuación los porcentajes correspondientes de tipo de vehículos que circulan en vía de análisis.

Horario	Total de vehículos del lapso de tiempo	Cantidad de tiempo (horas)	q	Carros, coches	Bicicletas	Motos	Camiones de 4 ruedas	Tractor agrícola	Camión (sin remolque)	Camiones (Con remolque o rastra)	Autobuses del transporte público

6:15 a.m. - 9:15 a.m.	4424	3	1474.67	73.9%	2.5%	4.1%	5.5%	0.2%	3.5%	4.8%	5.4%
11:15 a.m. - 1:45 p.m.	3014	2.75	1096	70.5%	3.2%	9.0%	4.1%	0.2%	1.9%	4.1%	7.0%
4:30 p.m. - 6:00 p.m.	1815	1.5	1210	73.9%	4.2%	6.2%	1.8%	0.2%	2.6%	3.1%	7.9%

Tabla 6 Horarios con mayor flujo de vehículos. Sentido Poniente-Oriente. Fuente: Elaboración propia

5. RESULTADOS

La mayor cantidad de vehículos que circulan por los puntos analizados es en el sentido de poniente a oriente con un promedio 1109 vehículos por hora y en el sentido de oriente a poniente es de 1101 vehículos por hora. En ambos sentidos el tipo de vehículo que mayor circulación tiene es el coche o carros pequeños con más del 70% del total. Le sigue las motos, los autobuses del transporte público, las bicicletas y camiones de 4 ruedas.

Los flujos máximos de circulación de vehículos se dan en los horarios de 6:15 a.m. a 9:15 a.m. teniendo 3 horas de tráfico vehicular por la mañana, luego de 11:15 a.m. – 1:45 p.m. se tiene un intervalo de casi 3 horas de tráfico y por la tarde de 4:30 p.m. a 6:00 p.m. se cuenta con altas cantidades de vehículos circulando por la vía del sentido poniente – oriente. En el sentido de oriente – poniente se cuenta con lapsos de tiempo que sobrepasan el promedio diario de vehículos, en el horario de 6:15 a.m. a 9:15 a.m.; también en el horario de 4:15 p.m. a 4:45 p.m. y de 5:00 p.m. a 6:00 p.m. son los tramos en los que existe mayor cantidad de vehículo y por ende tráfico.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para el estudio sobre el flujo vehicular se utilizaron datos históricos obtenidos en el 2019 en esos puntos, estos datos son resultado de un trabajo de investigación de cátedra de estudiantes de ingeniería civil, lo que permite establecer la importancia que existe en los trabajos prácticos, investigaciones de cátedra de las diferentes asignaturas en las que permiten al estudiante un acercamiento a la realidad por medio de la aplicación de la teoría en sus trabajos prácticos. El uso de estos datos permitió determinar las variables del estudio como el promedio diario, los flujos máximos de circulación de vehículos y así como en otros estudios (Coral et all, 2020) utilizaron

datos históricos para el análisis de la contaminación acústica debido a la circulación de vehículos en Quito, Ecuador.

En ese estudio, se determinó que existen variaciones en la cantidad de contaminación durante el día, cambiando durante el día de manera constante hasta las 6 de la tarde, decreciendo a partir de las 7 de la noche, esto relacionado con la cantidad de vehículos que circulan por el punto analizado, es decir que a mayor cantidad de vehículos mayor contaminación acústica. Lo que se puede deducir también de este estudio, en los horarios en los que existen parámetros mayores al promedio, es donde se genera mayor contaminación acústica relacionada con los vehículos que circulan, claro está, que esto se debe comprobar con una investigación específica en esta temática.

La mayor cantidad de vehículos que circulan por los puntos analizados son los carros o coches pequeños, cada uno con más de la tercera parte del total de la circulación. La cantidad de vehículos circulando en un período de tiempo en el sentido de San Miguel hacia La Unión y viceversa es similar, no existe una diferencia por lo que el volumen de vehículos es similar en ambos sentidos.

7. ANEXOS

7.1. Formato de recolección de la información de campo. Retomado de trabajo de ingeniería de carreteras de los estudiantes: Carlos Córdova, Bryan Gomez, William Araniva y Oscar Blanco.

FORMATO DE CAMPO										
LUGAR: CARRETERA PANAMERICANA, SALIDA A LA UNION				FECHA: Viernes 29 de Noviembre de 2019				AFORADORES		
ESTADO DEL PAVIMENTO: Bueno				SENTIDO: PONIENTE - ORIENTE				CARLOS MAURICIO CORDOVA ALVAREZ		
				HORA DE INICIO: 6:00 AM				BRYAN JOSUE GOMEZ ALVARADO		
ESTADO DEL TIEMPO: Soleado				HORA DE FINALIZACIÓN: 6:00 PM				WILLIAM ANTONIO ARANIVA ROBLES		
OSCAR REMBERTO BLANCO CARRANZA										
HORA	CARROS	COCHES	BICICLETAS	MOTOS	CAMIO. (4R)	TRAC. AGRI.	CAMIO. S. R	CAMIO C.R	AUTOBUSES	TOTAL
6:00 am - 6:15 am	60	72	10	19	17	1	3	7	21	210
6:15 am - 6:30 am	87	114	11	22	13	0	8	14	22	291
6:30 am - 6:45 am	88	119	8	19	40	0	17	20	19	330
6:45 am - 7:00 am	120	91	7	16	15	2	17	22	20	310
7:00 am - 7:15am	140	196	9	17	17	0	20	24	31	454
7:15 am - 7:30 am	170	140	9	16	16	1	14	14	29	409
7:30 am - 7:45 am	120	138	10	14	27	1	12	21	21	364
7:45 am - 8:00 am	151	170	12	13	30	0	10	13	15	414
8:00am - 8:15am	115	160	7	15	21	2	9	16	19	364
8:15 am - 8:30 am	138	162	8	13	17	2	12	20	19	391
8:30 am - 8:45 am	175	165	14	11	19	0	13	20	14	431
8:45 am - 9:00 am	145	147	7	13	17	0	17	15	17	378
9:00 am - 9:15 am	130	90	8	14	10	0	8	14	14	288
9:15 am - 9:30 am	122	98	11	13	5	1	5	6	13	274
9:30 am - 9:45 am	111	55	7	16	4	0	5	9	12	219
9:45 am - 10:00am	105	38	6	19	2	0	3	7	11	191
10:00 am - 10:15 am	92	72	6	13	3	1	5	8	9	209
10:15 am - 10:30 am	55	46	6	12	5	0	2	8	10	144
10:30 am - 10:45 am	35	47	8	14	7	0	6	6	10	133
10:45 am - 11:00 am	39	97	7	13	9	0	5	11	11	192
11:00 am - 11:15 am	40	120	8	12	10	1	9	10	9	219
11:15 am - 11:30 am	150	111	7	27	6	0	5	9	11	326
11:30 am - 11:45 am	70	40	6	29	13	0	1	6	10	175
11:45 am - 12:00 md	146	100	8	28	18	0	0	9	14	323
12:00 md - 12:15 pm	167	75	14	32	12	1	11	14	33	359
12:15 pm - 12:30 pm	160	110	12	37	9	1	11	12	31	379
12:30 pm - 12:45pm	157	98	11	26	8	0	12	12	34	358
12:45 pm - 1:00 pm	143	101	14	38	14	3	9	20	30	372
1:00 pm - 1:15 pm	122	89	10	27	20	0	4	23	24	319
1:15 pm - 1:30 pm	125	90	11	21	11	1	6	15	17	297
1:30 pm - 1:45 pm	115	79	8	23	21	0	5	11	19	281
1:45 pm - 2:00 pm	70	24	13	16	6	2	9	7	15	162
2:00 pm - 2:15 pm	52	60	12	18	11	1	8	6	17	185
2:15 pm - 2:30 pm	50	53	9	16	9	0	6	7	15	165
2:30 pm - 2:45 pm	59	45	9	19	5	1	8	6	10	162
2:45 pm - 3:00 pm	67	40	12	22	3	0	9	8	12	173
3:00 pm - 3:15 pm	74	43	10	17	2	3	7	11	12	179
3:15 pm - 3:30 pm	60	38	7	14	8	1	6	12	15	161
3:30 pm - 3:45 pm	65	60	7	14	4	0	9	10	17	186
3:45 pm - 4:00 pm	76	67	7	13	4	0	6	9	16	198
4:00 pm - 4:15 pm	80	94	12	19	9	0	8	7	19	248
4:15 pm - 4:30 pm	90	100	14	20	8	0	6	7	25	270
4:30 pm - 4:45 pm	114	105	11	19	5	2	8	6	20	290
4:45 pm - 5:00 pm	169	56	13	23	2	0	8	10	25	306
5:00 pm - 5:15 pm	100	116	16	22	5	0	9	10	25	303
5:15 pm - 5:30 pm	90	120	13	15	10	0	7	11	24	290
5:30 pm - 5:45 pm	89	134	13	17	4	1	8	8	25	299
5:45pm - 6:00 pm	98	150	10	17	6	1	8	12	25	327
SUMA TOTAL	4996	4535	468	903	537	30	390	563	886	13308

FORMATO DE CAMPO										
LUGAR: CARRETERA PANAMERICANA, SALIDA A LA UNION				FECHA: Viernes 29 de Noviembre de 2019				AFORADORES		
ESTADO DEL PAVIMENTO: Bueno				SENTIDO: ORIENTE - PONIENTE				CARLOS MAURICIO CORDOVA ALVAREZ		
				HORA DE INICIO: 6:00 AM				BRYAN JOSUE GOMEZ ALVARADO		
ESTADO DEL TIEMPO: Soleado				HORA DE FINALIZACIÓN: 6:00 PM				WILLIAM ANTONIO ARANIVA ROBLES		
								OSCAR REMBERTO BLANCO CARRANZA		
HORA	CARROS	COCHES	BICICLETAS	MOTOS	CAMIO. (4R)	TRAC. AGRI.	CAMIO. S. R	CAMIO C.R	AUTOBUSES	TOTAL
6:00 am - 6:15 am	59	81	11	31	10	1	4	5	13	215
6:15 am - 6:30 am	96	136	9	39	8	0	12	8	17	325
6:30 am - 6:45 am	78	148	16	54	40	0	21	18	16	391
6:45 am - 7:00 am	134	134	14	50	7	2	16	7	14	378
7:00 am - 7:15am	145	224	10	42	3	0	29	5	30	488
7:15 am - 7:30 am	172	167	4	37	14	1	16	5	29	445
7:30 am - 7:45 am	117	187	15	38	16	1	16	4	15	409
7:45 am - 8:00 am	189	190	13	30	26	0	13	7	20	488
8:00am - 8:15am	128	200	11	18	13	2	11	14	18	415
8:15 am - 8:30 am	148	191	12	15	14	2	12	12	21	427
8:30 am - 8:45 am	187	193	18	12	11	0	13	17	9	460
8:45 am - 9:00 am	160	135	7	13	8	0	8	12	10	353
9:00 am - 9:15 am	122	92	7	14	9	0	1	10	8	263
9:15 am - 9:30 am	113	89	11	12	3	1	5	4	6	244
9:30 am - 9:45 am	82	30	7	15	2	0	2	6	7	151
9:45 am - 10:00am	93	42	5	17	2	0	0	5	6	170
10:00 am - 10:15 am	99	82	5	12	3	1	0	2	6	210
10:15 am - 10:30 am	46	47	5	7	4	0	1	3	6	119
10:30 am - 10:45 am	42	53	9	10	4	0	3	1	4	126
10:45 am - 11:00 am	49	118	7	17	6	0	2	5	3	207
11:00 am - 11:15 am	48	131	11	16	4	1	0	7	6	224
11:15 am - 11:30 am	165	131	8	34	1	0	0	7	4	350
11:30 am - 11:45 am	24	68	7	34	12	0	0	5	5	155
11:45 am - 12:00 md	120	124	4	35	6	0	0	1	4	294
12:00 md - 12:15 pm	147	104	16	40	15	1	0	3	5	331
12:15 pm - 12:30 pm	154	116	13	36	6	1	0	7	8	341
12:30 pm - 12:45pm	150	126	16	21	3	0	0	4	7	327
12:45 pm - 1:00 pm	131	129	13	37	16	3	0	3	6	338
1:00 pm - 1:15 pm	110	75	11	22	19	0	0	23	17	277
1:15 pm - 1:30 pm	112	77	15	20	2	1	0	16	22	265
1:30 pm - 1:45 pm	91	61	11	5	7	0	0	10	23	208
1:45 pm - 2:00 pm	71	44	15	17	1	2	1	7	10	168
2:00 pm - 2:15 pm	26	72	12	11	10	1	1	7	13	153
2:15 pm - 2:30 pm	30	64	4	11	6	0	0	8	12	135
2:30 pm - 2:45 pm	49	36	10	25	7	1	0	6	8	142
2:45 pm - 3:00 pm	46	45	12	35	2	0	1	8	8	157
3:00 pm - 3:15 pm	57	51	11	13	1	3	1	13	7	157
3:15 pm - 3:30 pm	61	44	8	26	12	1	0	17	10	179
3:30 pm - 3:45 pm	100	42	12	25	1	0	1	15	11	207
3:45 pm - 4:00 pm	58	62	10	27	1	0	2	16	11	187
4:00 pm - 4:15 pm	71	76	8	21	13	0	0	10	14	213
4:15 pm - 4:30 pm	108	80	12	19	20	0	0	16	27	282
4:30 pm - 4:45 pm	139	104	8	21	13	2	0	11	21	319
4:45 pm - 5:00 pm	150	24	13	37	12	0	0	10	23	269
5:00 pm - 5:15 pm	114	130	9	27	21	0	0	1	22	324
5:15 pm - 5:30 pm	129	138	9	3	15	0	0	1	22	317
5:30 pm - 5:45 pm	112	114	4	11	20	1	0	1	23	286
5:45pm - 6:00 pm	116	148	6	11	15	1	1	1	23	322
SUMA TOTAL	4948	4955	484	1123	464	30	193	384	630	13211

8. REFERENCIAS

- Acemoglu, D., Makhdoumi, A., Malekian, A., & Ozdaglar, A. (2018). Informational braess' paradox: The effect of information on traffic congestion. *Operations Research*, 66(4), 893–917. <https://doi.org/10.1287/opre.2017.1712>
- Ágreda, S. H., & Martínez, J. A. A. (2019). *Estudio de alternativas para la intersección de las carreteras N-435 y EX-105 en Almendral (Badajoz)*.
- Barth, M., & Boriboonsomsin, K. (2013). Traffic congestion and greenhouse gases. *Ensemble*, 15(4), 250–260. <https://doi.org/10.11436/mssj.15.250>
- Coral, Katty; Moromenacho, Tania; Moreta, Alonso; Villalba, Fabio; Oviedo, J. (2020). “Modelos estadísticos de ruido ambiental para el Distrito Metropolitano de Quito DMQ, mediante datos históricos del 2009 al 2015, como herramienta de calidad ambiental.” *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 12(1), 24. <https://doi.org/10.18272/aci.v12i1.941>
- Fernández, R. (2010). Elementos de la teoría de tráfico vehicular. In J. C. Dextre (Ed.), *Elementos de la teoría de tráfico vehicular*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Grech, P. (2001). Introducción a la ingeniería, un enfoque a través del diseño. In *Prentice-Hall* (Vol. 1). <https://doi.org/978-958-699-264-0>
- Litman, T. (2013). Smart Congestion Relief. *Victoria Transport Policy Institute*, P12-5310(April 2014), 3–40. Retrieved from http://www.vtpi.org/cong_relief.pdf
- Toledo Cienfuegos, L.A, Escobar Tobías M.A., and Mendoza Juárez, R.A. “Análisis de flujo vehicular en puntos críticos de la ciudad de Sonsonate,” 2008.
- Viceministerio de transporte, D. G. de T. (2019a). *Accidentes de tránsito por zona Enero Julio 2019*.
- Viceministerio de transporte, D. G. de T. (2019b). *Detalle según edades de fallecidos Enero Julio 2019*.
- Viceministerio de transporte, D. G. de T. (2019c). *Padrón de vehículos inscritos al día 9/07/2019*.

Wang, S., Djahel, S., Zhang, Z., & McManis, J. (2016). Next Road Rerouting: A Multiagent System for Mitigating Unexpected Urban Traffic Congestion. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(10), 2888–2899. <https://doi.org/10.1109/TITS.2016.2531425>