



Artículo de Revisión

Impacto de los sistemas de transporte público latinoamericanos en la movilidad urbana y en el ambiente

Impact of Latin American public transport systems on urban mobility and the environment

Rhonmer Pérez^a, William José Osal Herrera^a

^aUniversidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre, Venezuela.

DOI: <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.14346.70083>

Recibido: 05-03-2020

Aceptado: 15-05-2020

Resumen

Las ciudades latinoamericanas se han extendido en las últimas tres décadas provocando mayor necesidad de movilidad y transporte de masas de personas, siendo pilar en el desarrollo económico y social de las principales ciudades; sin embargo traen consigo efectos negativos. El presente trabajo identifica y describe estos efectos no deseados en la sociedad y en el ambiente en países latinoamericanos, mediante un trabajo documental-descriptivo, apoyado en la revisión de literatura sobre movilidad y sistemas de transporte de las principales ciudades latinoamericanas, además de la revisión de datos publicados por la OLADE, OMS y CAF para cada efecto no deseado a considerar. Como resultado se tiene que apenas un 0,43% del total de vías son para la circulación de ciclistas y peatones; el autobús es el principal modo de transporte; la mayor cantidad de viajes diarios son realizados en transporte público, el mayor consumo energético y emisión de CO₂ es atribuido al transporte individual y el 69% de los accidentes provocados por transporte ocurren en entornos urbanos. Además, el metro es el de menor impacto negativo en lo social y ambiental. Las altas tasas de fallecidos por accidentes viales y alto consumo de energía eléctrica representan los impactos más importantes ocasionados por los sistemas de transporte público.

Palabras clave: Movilidad urbana; transporte público; Latinoamérica; consumo energético; efectos negativos.
Código UNESCO: 3327.03- Tecnología de los sistemas de transportes, sistemas de tránsito urbano.

Abstract

Latin American cities have spread in the last three decades causing greater need for mobility and transportation of masses of people, being a pillar in the economic and social development of the main cities; however they bring with them negative effects. The present work identifies and describes these negative effects on society and the environment in Latin American countries, through a descriptive-documentary work, supported by the literature review on mobility and transport systems of the main Latin American cities, in addition to the review of data published by OLADE, WHO and CAF for each unwanted effect to consider. As a result, only 0.43% of the total roads are for the circulation of cyclists and pedestrians; the bus is the main mode of transportation; the largest numbers of daily trips are made by public transport, the highest energy consumption and CO₂ emission is attributed to individual transport, and 69% of transport accidents occur in urban settings. The subway is the one with least negative social and environmental impact. The high death rates from road accidents and high consumption of electrical energy represent the most important impacts caused by public transport systems.

Keywords: Urban mobility; public transport; Latin America; energy consumption; negative effects.
UNESCO Code: 3327.03- Technology of transport systems, urban transit systems.

Listado de acrónimos y abreviaturas

AL&C	América Latina y el Caribe.
BRT	Buses de tránsito rápido.
CAF	Banco de Desarrollo de América Latina, antigua Corporación Andina de Fomento.
CO	Monóxido de carbono.
E&AC	Europa y Asia central.
GEI	Gases de efecto invernadero.
HC	Hidrocarburos.
MP	Material en partículas.
NO _x	Óxidos de nitrógeno.
ODS	Objetivo de desarrollo sostenible.
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
OMU	Observatorio de Movilidad Urbana de América Latina.

1. Introducción

En las últimas tres (3) décadas del Siglo XX, el urbanismo de Latinoamérica es transformado con elevados índices, generando como consecuencia mayor necesidad de movilidad y transporte [1]. La población de América Latina y el Caribe (AL&C) respecto Europa y Asia Central (E&AC) para el período 1960-2018 [2] se muestra en el Cuadro 1, evidenciando un incremento de la población latinoamericana entre 30,07 y 8,65%, con un promedio de 19,76% cada década.

Cuadro 1. Población por década de AL&C y E&AC.

Año	América Latina y el Caribe	% incremento por década AL&C	% representación Vs E	Europa y Asia Central
1960	219.907.801	-	32,96%	667.253.650
1970	286.027.166	30,07%	38,75%	738.123.474
1980	360.591.861	26,07%	45,41%	794.002.749
1990	442.040.696	22,59%	52,46%	842.570.541
2000	520.964.431	17,85%	60,44%	861.993.393
2010	590.303.295	13,31%	66,43%	888.627.318
2018	641.357.515	8,65%	69,80%	918.793.590

Fuente: Elaboración propia con datos de [2].

En la Figura 1 se muestra de manera gráfica en valores porcentuales los incrementos de la población de Latinoamérica y de AL&C contrastada con E&AC. Se evidencia que existe un patrón de bajo crecimiento demográfico la región de AL&C y, adicionalmente, su población para el año 2018 es menor comparada con de E&AC para 1960, sin embargo se ha incrementado aún más en el mismo período considerado.

Para 1989, el 67% de la población latinoamericana vive en ciudades, comparativamente con un 31% correspondiente a Asia [3]. Para este período coexistían los metros, trolebuses, ferrocarriles y tranvías como sistemas de transporte urbano. A finales de los años 60, la obsolescencia de los trolebuses y tranvías hizo que los autobuses de propiedad privada se emplearan mayormente como medio de transportes. A finales de los años 70, ya se contaba con los primeros metros o ferrocarriles subterráneos.

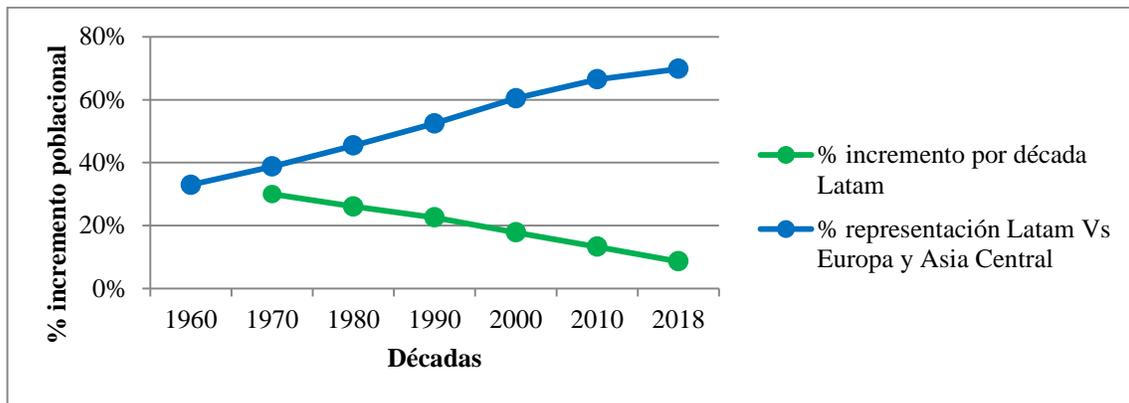


Figura 1. Porcentaje de los incrementos poblacionales de Latinoamérica y de AL&C contrastada con E&AC. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los datos de [2].

Con la tendencia de las ciudades en incrementar la movilidad de mayor volúmenes de personas, permanentes o temporales, a menor costo e impactos ambientales, se introdujo los Buses de Tránsito Rápido (BRT, por sus siglas en inglés), siendo Curitiba en Brasil la primera ciudad en implementarlos en 1973 [3]. Los sistemas de transporte que coexistían en el transporte urbano de América Latina para este período estaban representados por la flota vehicular pública integrada por el ferrocarril, tranvía y trolebús, metro y BRT y la privada conformada por autobuses, colectivos, taxis y vehículos particulares [3]. La flota disponible de transporte público para los usuarios de Latinoamérica, para el año 2011, se muestra en la Figura 2.

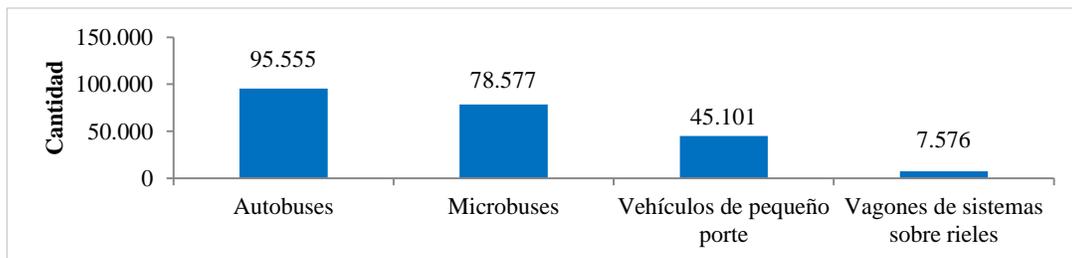


Figura 2. Flota disponible de transporte público para los usuarios de Latinoamérica, año 2011. **Fuente:** Elaboración propia con datos de [4].

Frente a la imperiosa necesidad del hombre de movilizarse a mayores distancias empleando menor tiempo, no se desprende de los medios de transporte a pesar de los efectos negativos que estos pueden ocasionar tales como la contaminación ambiental, inseguridad vial, problemas a la salud y congestión vehicular [5][6]. En este sentido, Vasco [7] señala en un estudio realizado sobre el sistema de transporte en Ecuador “en la ciudad de Ambato el transporte público urbano se ha incrementado desmesuradamente y con ellos el incremento de GEI y SO₂, generando efectos negativos a la salud de la comunidad, la infraestructura y el medio ambiente, por lo cual es necesario adoptar medidas correctivas ante la desproporcionada generación de estos gases...”, evidenciando efectos no deseados en la movilidad y el ambiente.

El tema de la movilidad urbana se ha convertido en un contenido de alta relevancia en AL&C, cuando en 1950 se formó de forma desordenada el crecimiento urbano y las súbitas exponenciales de vehículos motorizados circulantes, trayendo de la mano una degradación ambiental, con flujos vehiculares elevados en áreas residenciales, aumento de la inseguridad vial, mostrando índices muy elevados de personas heridas o fallecidas y con altas emisiones de contaminantes por gases

expulsados en los automóviles [8]. En otros casos, por la falta de planificación de las ciudades, es complicado considerar carriles empotrados para canales exclusivos para los ciclistas, lo cual implica una mayor vulnerabilidad de los ciclistas a sufrir accidentes al circular en las calles [9].

La situación encontrada en la literatura revisada, justifica realizar estudios sobre los impactos de los sistemas de transporte público en Latinoamérica en la movilidad urbana y en el ambiente, esto con la finalidad de generar la necesaria información sobre el estado actual de la sociedad, y contribuir con algunas medidas o recomendaciones que puedan considerarse para revertir progresivamente los efectos señalados, y lograr una movilidad urbana sostenible, enmarcada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de los países en desarrollo.

El presente manuscrito consta de la presentación de una metodología de tipo descriptiva, basada en la revisión de datos para erigir una serie de conclusiones por cada problemática en torno a los sistemas de transporte de América Latina; se describen los efectos de los transportes públicos en la movilidad urbana (congestión vial, cifra de fallecidos por el tipo de transporte, problemas a la salud) y en el ambiente (consumo energético y de combustibles, emisiones de gases de efecto invernadero y partículas en suspensión). Finalmente se exponen las conclusiones derivadas del estudio.

2. Desarrollo

2.1 Metodología

En la precisión de los lineamientos metodológicos es oportuno indicar que el estudio está conformado por ciudades metropolitanas de países de América Latina y El Caribe, listadas en el Cuadro 2. Cabe destacar que estas ciudades manejan una alta densidad poblacional y amplia diversidad de medios de transporte existentes en las mismas.

Los estudios descriptivos son direccionados a especificar propiedades relevantes de grupos, comunidades, personas u otros objetos sometidos a la investigación, permitiendo medir aspectos o dimensiones diversas del evento en estudio [11]. Se describe a continuación los pasos considerados en este estudio como procedimiento de investigación, así como la identificación de las fuentes de obtención de datos:

- a. *Obtener datos característicos de los sistemas de transporte de Latinoamérica:* en cuanto a infraestructura y clase de transporte colectivo, a efecto de observar la cantidad (km) de vías existentes por tipo de transporte y la clase de transporte para estudiar su distribución en las ciudades. Datos disponibles en el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF).
- b. *Identificar efectos negativos de los transportes públicos en la movilidad urbana:* se ubican datos referentes al número de fallecidos por tipo de transporte y condición de movilidad así como la tasa de mortalidad en el tránsito por número de habitantes para describir cuales usuarios son los más afectados para estas condiciones y las respectivas tasas por ciudad. Datos disponibles en el CAF.
- c. *Obtener datos de los efectos de los transportes públicos en la movilidad urbana:* en cuanto a las consecuencias negativas en la salud por exposición a gases y partículas suspendidas, datos disponibles en la Organización Mundial de la Salud (OMS), e identificar los impactos originados.
- d. *Recolectar datos referentes al consumo energético y de combustibles:* viajes realizados por tipo de transporte y uso de energía por tipo de transporte, para así mostrar una contrastación entre el consumo energético y los viajes empleados por modo de transporte. Datos disponibles en la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y el CAF.
- e. *Determinar las emisiones de gases por tipo de transporte:* identificar las ciudades con la mayor a emisión de dióxido de carbono (CO₂). Datos disponibles en CAF para el año 2019.

Cuadro 2. Ciudades Latinoamericanas y del Caribe que conforman la población de estudio.

Nombre de la ciudad	Cantidad de habitantes de la ciudad	Área de la ciudad (km ²)	Densidad poblacional (Hab. /km ²)	País
Buenos Aires	15.769.938	3.883	4.061	Argentina
Rosario	1.320.718	150	8.805	Argentina
Santa Cruz de la Sierra	1.662.446	423	3.930	Bolivia
Belo Horizonte	5.609.654	603	9.303	Brasil
Brasilia	2.852.372	251	11.364	Brasil
Curitiba	3.414.115	425	8.033	Brasil
Florianópolis	962.430	115	8.369	Brasil
Manaos	2.360.491	1.013	2.330	Brasil
Porto Alegre	4.161.237	434	9.588	Brasil
Recife	3.887.261	841	4.622	Brasil
Río de Janeiro	12.156.624	900	13.507	Brasil
Salvador de Bahía	4.016.371	384	10.459	Brasil
São Paulo	20.935.204	2.209	9.477	Brasil
Santiago	5.842.259	662	8.825	Chile
Barranquilla	2.004.617	200	10.023	Colombia
Bogotá	9.069.621	469	19.338	Colombia
Cali	2.784.664	151	18.441	Colombia
Medellín	3.383.258	173	19.556	Colombia
Montería	433.586	51	8.502	Colombia
Pereira	618.074	59	10.476	Colombia
San José	1.349.241	252	5.354	Costa Rica
Quito	2.239.191	372	6.019	Ecuador
Ciudad de México	20.392.950	2.609	7.816	México
Guadalajara	4.515.531	693	6.516	México
León	1.493.064	250	5.972	México
Panamá	1.771.384	287	6.172	Panamá
Lima	9.752.000	799	12.205	Perú
Montevideo	1.807.565	579	3.122	Uruguay
Caracas	3.611.087	261	13.836	Venezuela

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el Observatorio de Movilidad de la CAF, año 2015 [10].

2.2 Movilidad urbana y sus modalidades

La movilidad es una práctica que implica el desplazamiento de personas con fines de establecer una relación social, manteniendo así el nexo existente entre diversos lugares [12]. Es una necesidad fundamental para la humanidad, permite ejecutar labores cotidianas en diversos lugares donde existe la capacidad de desplazarse y una amplia gama y versatilidad de actividades por realizar y diversos medios a emplear para su traslado [13]. La movilidad urbana puede ser definida (en diversos intervalos de tiempo) como la totalidad de viajes realizados por las personas interiormente en áreas urbanas y todo el conjunto de características asociadas a estos traslados así como el medio de transporte a emplear, la distancia de recorrido, propósito y duración del viaje [5].

Siendo la movilidad urbana una pieza clave para el desarrollo económico y social de las ciudades, va enlazado con medios de transporte, además de un conjunto de efectos negativos como la congestión, inseguridad vial, contaminación del aire y sonora [5]. A estos efectos hay que incluirle la generación de gases de efecto invernadero, según el tipo de combustible que utilizan [14]; además del consumo de energía eléctrica, de acuerdo al tipo de tecnología [15][16], los cuales han ocasionado impactos ambientales negativos al medio ambiente.

2.3 El transporte público urbano

El transporte urbano se cataloga como esencial en la vertebración social y económica de las ciudades, adquiriendo así una perspectiva de alta relevancia en el modelo que articule el orden y la fluidez garantizando la comodidad, ahorro de tiempo, economía y movilidad de sus habitantes [17]. El transporte constituye una de las principales fuentes de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), problemas en la calidad del aire, contaminación sónica, entre otros, tornando un ambiente no favorable la salud y bienestar de la ciudadanía y, adicionalmente, una cifra alarmante de un 69% se evidencia en relación a los accidentes viales en el área urbana [5].

Los sistemas de transporte público urbano se clasifican de forma general tal como se indica en el Cuadro 3. Es pertinente señalar que en la presente revisión se hace énfasis en los sistemas de transporte masivos, por ser esta la mayor flota vehicular disponible en las ciudades en estudio.

Cuadro 3. Clasificación general de los sistemas de transporte público urbano.

Tipo	Objetivo	Elementos que lo conforman
Masivo	Aproximar al pasajero hacia su lugar de destino.	Unidades de mediano y gran volumen de capacidad con rutas y tarifas preestablecidas.
Individual	Ofrecer un servicio al usuario para trasladarse hasta el lugar exacto de destino, con mejores condiciones de confort y seguridad, con tarifas variables.	Constituido por taxis y radio-taxis.

Fuente: Elaboración propia con referencia a [18].

2.4 Sistema de transporte en Latinoamérica

La infraestructura de las ciudades metropolitanas de Latinoamérica se clasifica en tres (3) elementos [4] mostrados en el Cuadro 4. Por otra parte, en el Cuadro 5 se indica cómo están distribuidas los tipos de transporte público, para el año 2007, en las ciudades metropolitanas de América Latina.

Cuadro 4. Infraestructura disponible en las ciudades metropolitanas de Latinoamérica.

Elemento de Infraestructura	Característica	Valor
• Sistema vial.	Vías disponibles para circulación.	277.114 km
• Intersecciones con semáforo.	Intersecciones con semáforos.	39.361
• Preferencias en la circulación de peatones, ciclistas y vehículos de transporte colectivo.	Vías de prioridad de circulación para los BRT. Prioridad de circulación para los ciclistas.	759,5 km 1.441,8 km

Fuente: Elaboración propia a partir de [10].

2.5 Efectos de los sistemas de transporte público en la movilidad urbana

Un efecto no deseado refiere a todo tipo de efecto dañino para la sociedad, por el consumo de un bien o servicio, los cuales no están incluidos en su costo [16]. En el sistema de transporte urbano, estos efectos de manera general, se pueden clasificar en: (a) a la sociedad en general: congestión, fallecidos en accidentes de tránsito, contaminación sonora y, finalmente, efectos negativos a la salud por gases y partículas en suspensión y (b) al ambiente: consumo de energía eléctrica, contaminación del aire y emisiones de gases de efecto invernadero.

Cuadro 5. Distribución por ciudad de los tipos de transporte público colectivos.

Ciudades Metropolitanas	Flota de transporte colectivo										
	Taxis Colectivo	Jeep	Combi/Vans	Microbús	Autobús estándar	Autobús articulado	Autobús biarticulado	Tren	Metro	Tranvía	Barco
Barranquilla											
Belo Horizonte											
Bogotá											
Brasilia											
Buenos Aires											
Caracas											
Cali											
Ciudad de México											
Curitiba											
Florianópolis											
Guadalajara											
León											
Lima											
Manaos											
Medellín											
Montería											
Montevideo											
Panamá											
Pereira											
Porto Alegre											
Quito											
Recife											
Rio de Janeiro											
Rosario											
Salvador de Bahía											
San José											
Santa Cruz de la Sierra											
Santiago de Chile											
São Paulo											

Barco: medio de transporte urbano para ciudades entre ríos y mares.

Fuente: Elaboración propia con datos de [4][10].

A continuación se describen los principales efectos no deseados derivados del uso del transporte urbano, en sus diferentes tecnologías:

a. Congestión vehicular

La congestión vehicular se genera cuando el espacio disponible en las carreteras para la circulación del transporte en general es menor que el volumen de tráfico a transitar, el cual figura como un problema de alta complejidad causado por el incremento de usuarios en el servicio de transporte público, así como por el crecimiento económico, por permitir mayor accesibilidad a las personas en la adquisición de vehículos particulares [6]. Este fenómeno se presenta en un determinado lugar y tiempo dando origen a efectos negativos directamente reflejados en los usuarios. Al encontrarse en la

zona congestionada, el automóvil tarda más tiempo en funcionamiento ocasionando con esto costos (desgaste vehicular, combustible, energía y tiempo) conllevando al usuario a un estado de alteraciones (ira, estrés y efecto en el sueño). Además, los servicios sociales o ambulatorios, al ocurrir una emergencia o accidente, se ven seriamente afectados al ingresar en un punto congestionado [19].

b. Fallecidos y seguridad vial

Los autores de [20] establecen que “en relación con las muertes ocurridas en siniestros de tránsito, cuando se analiza la tasa de defunción por cada cien mil habitantes se consiguen índices que varían entre 3,3 y 20, con un promedio de 8,1. Estas cifras son sumamente elevadas si se comparan con las de ciudades europeas, en las cuales los índices se encuentran cercanos a 3, según datos de la Organización Mundial de la Salud”. Por esta razón, es oportuno señalar la alta incidencia de los sistemas de transporte público urbanos de Latinoamérica en este efecto no deseado.

Las cifras referentes a los fallecidos por tipo de transporte empleado o forma de circulación en Latinoamérica, para el año 2016, se da de tal forma que la distribución corresponde a: un 47% peatones, 31% moto, 17% auto y 5% ciclistas [20]. La cantidad de fallecidos en el tránsito por cada cien mil (100.000) habitantes para las ciudades en estudio es mostrada en la Figura 3.

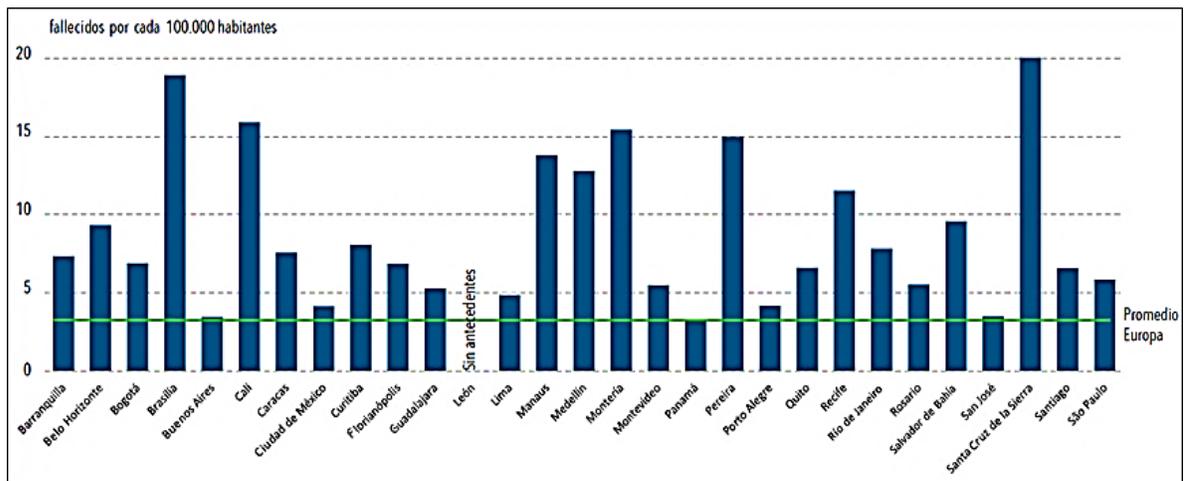


Figura 3. Cantidad de fallecidos en el tránsito por cien mil habitantes.
Fuente: [20].

c. Efectos negativos a la salud y al ambiente debido a gases y partículas en suspensión

La contaminación vehicular posee una particularidad y es que las emisiones de contaminantes se hacen en la cercanía de las personas expuestas en áreas urbanas ocasionando impactos en la salud de los individuos, en el ambiente y la visibilidad [6]. Las consecuencias derivadas por el congestionamiento vehicular se reflejan en la contaminación ambiental producto de la expulsión de gases originados en la combustión de los vehículos y en la contaminación sonora de los urbanismos por el excesivo y desmesurado empleo de las cornetas o bocinas de los automóviles [6]. Estos aspectos denotan de forma progresiva el detrimento en la calidad de vida en la población.

Cuando en la composición del aire aparecen una o más sustancias extrañas en diferentes cantidades y por un período de tiempo determinado, se está en presencia de contaminación, la cual puede resultar nociva para seres vivos y humanos hasta incluso llegar a perturbar el bienestar y uso de bienes [21].

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), 7 millones de muertes al año son causadas por la exposición de las personas al aire externo contaminado [22]. Además la OMS indica

que una de las principales fuentes de contaminación del aire por partículas en suspensión es el sector transporte, las centrales de generación eléctrica a carbón, la industria y sectores agrícolas [22]. El Cuadro 6 muestra los resultados de los problemas a la salud asociados a contaminantes emitidos por el uso de transportes.

Cuadro 6. Resultados de los problemas a la salud asociados a contaminantes relacionados con el transporte.

Resultado	Contaminantes asociados al transporte
Mortalidad	Humo negro, ozono, PM _{2,5}
Enfermedades respiratorias (no alérgicas)	Humo negro, ozono, dióxido de nitrógeno, VOCs, CAPs, gases de escape del diesel
Enfermedades respiratorias (alérgicas)	Ozono, dióxido de nitrógeno, PM, VOCs, CAPs, gases de escape del diesel
Enfermedades cardiovasculares	Humo negro, CAPs
Cáncer	Dióxido de nitrógeno, gases de escape del diesel
Resultados reproductivos adversos	Gases de escape del diesel, evidencia también equívoca de dióxido de Nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de azufre, partículas suspendidas.

Legenda: PM: Material particulado; PM_{2,5}<2,5µm de diámetro; VOCs: Compuestos Orgánicos Volátiles (incluido el benceno); CAPs: Partículas del Ambiente Concentradas.

Fuente: Elaboración propia a partir de [23].

Por otra parte cabe destacar que las infraestructuras del transporte han sido construidas sin mayor consideración del balance social, ambiental y mejores condiciones de movilidad para los peatones en los urbanismos. La construcción de vialidades va relacionada directamente con el deterioro de ambientes naturales, tala de árboles, desplazamiento de faunas, desviación de cauces de ríos, remoción de suelos, entre otros factores [24].

d. Consumo energético y de combustibles

El informe de estadísticas energéticas 2016 [25] de la OLADE establece en su sección de Demanda de Energía que “El consumo final de energía en la región de Latinoamérica y el Caribe para el 2015 fue de 4.564 Mbep, de los cuales el 37% corresponde al sector transporte, 31% industria, 16% residencial y lo restante a agro, pesca y minería, comercial y servicios públicos y construcción y otros sectores”. La Figura 4 muestra el consumo final del sector transporte por fuente de energía de América Latina y el Caribe (AL&C) para el año 2016, donde se visualiza que el sector transporte es un alto consumidor de gasolina (49,7%) y diésel (38,9%).

El Observatorio de Movilidad Urbana de América Latina (OMU) fue creado por el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) en el año 2005 con la finalidad de recibir información de la población, flota de vehículos, las tarifas de transporte público, entre otros datos de grandes ciudades de América Latina [8]. CAF señala que en el transporte público de las áreas urbanas de América Latina es donde se efectúan la mayor cantidad de viajes diarios, con 121 millones de viajes/día seguido por el transporte individual con un 93 millones de viajes/día, representando estos un 41,3% y 31,8%, respectivamente, referente al total. El 26,9% restante corresponde al modo de transporte “a pie”. La Figura 5 ilustra el volumen de viajes diarios, por tipo de vehículos, para América Latina.

e. Contaminación del aire y emisiones de gases de efecto invernadero

El transporte urbano constituye una de las mayores fuentes de polución [5]. Detalles de esto se muestran en el Cuadro 7 donde se observa que los vehículos individuales tienen mayor participación en las emisiones de CO, HC, MP10 (material en partículas de 10µm) y CO₂, excepto de NO_x. La Figura 6 ilustra el porcentaje de uso de energía por modo principal de transporte para las áreas urbanas de América Latina. Un 66% de la energía consumida se debe al uso de transporte individual.

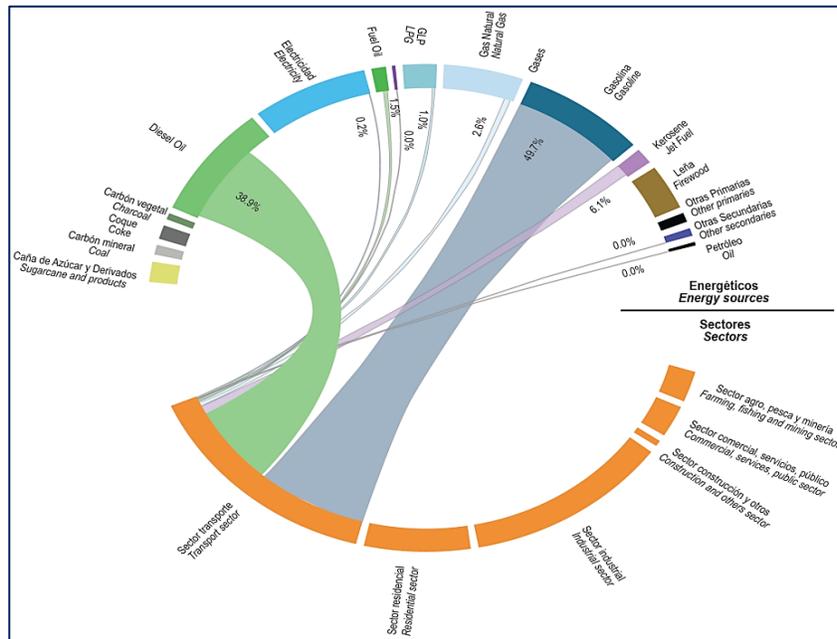


Figura 4. Consumo final del sector transporte, por fuente de energía, caso AL&C, año 2016. Fuente: [25].

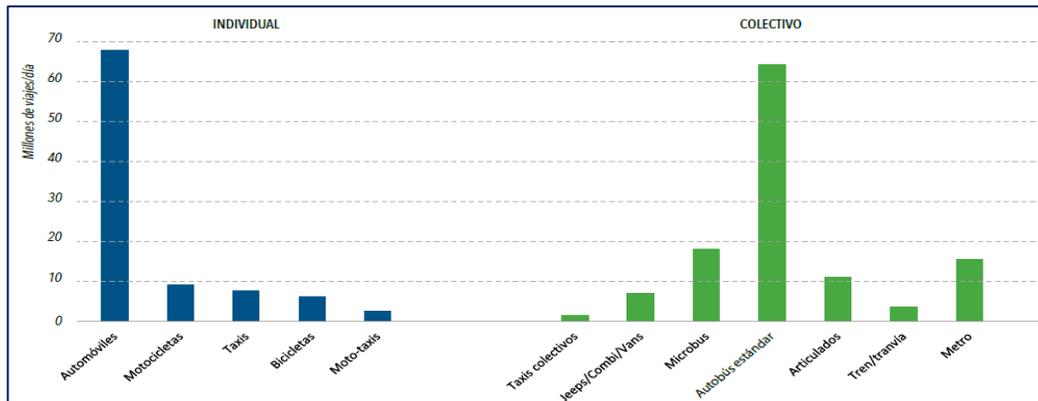


Figura 5. Viajes diarios realizados por tipo de vehículo para Latinoamérica. Fuente: [20].

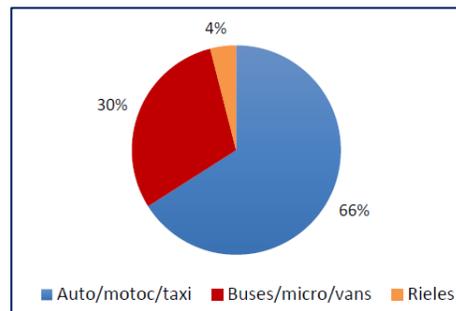


Figura 6. Uso de energía por modo principal de transporte para las áreas urbanas de América Latina. Fuente: [8].

Cuadro 7. Emisión de contaminantes locales y de CO₂ por modo de transporte urbano en áreas urbanas de América Latina (porcentaje de toneladas/día).

Modo de transporte	Tipo	CO	HC	NO _x	MP10	CO ₂
Individual	Automóvil	53,2	39,1	18,4	66,0	43,9
	Motocicleta	13,1	25,8	1,5	12,7	17,5
	Taxi	7,9	4,6	3,7	3,6	13,2
	Sub total	74,2	69,5	23,6	82,3	74,6
Colectivo	Taxi Colectivo	1,0	0,2	0,7	0,4	11,4
	Jeep	0,3	0,1	0,2	0,0	0,2
	Combi/Van	4,9	1,3	6,6	7,6	1,7
	Microbús	15,4	22,4	18,9	1,9	4,8
	Autobús	4,1	6,6	50,1	7,8	7,3
	Sub total	25,8	30,5	76,4	17,7	25,4
Total		100	100	100	100	100

Fuente: [8].

2.6 Falencias en la movilidad urbana y efectos provocados

En múltiples ciudades del mundo, buscando optimizar la movilidad urbana, se han implementado medidas para controlar el tráfico y mejorar el funcionamiento de los sistemas de transportes existentes arrojando resultados indeseados, unos provocando poco impacto en lo planeado y otros agravando la condición inicial evaluada [26]. Son mostrados a continuación algunos ejemplos de medidas empleadas en áreas urbanas enfocadas únicamente en la ingeniería de tránsito que han dado resultados no satisfactorios.

a. La exclusión social y la restricción del acceso a todo público

Niños, personas de la tercera edad, con discapacidad o embarazadas, por sus diversas condiciones de su integridad, enfrentan problemas al momento de acceder al uso del transporte público [27]. Esto se debe a que no fueron consideradas la naturaleza y geometría de las vías y calles al momento de construir las, se despreciaron los diseños de comodidad y seguridad adecuados para el desplazamiento de los peatones [26]. En la ciudad de Bogotá, el diseño de las rutas de transporte no considera la flexibilidad de horarios ni conectividad entre medios de transporte con centros de salud, de servicios o comerciales con la finalidad de cubrir la mayor cantidad de actividades cotidianas realizadas por las féminas [28].

b. La restricción vehicular

En la última década del siglo XX se resalta un incremento en el total de vehículos circulantes en América Latina empleados para múltiples usos, entre los señalados están los viajes al trabajo, estudio, paseos, entre otros, con lo que se congestiona altamente las afluencias viales [29]. La incorrecta gestión del tráfico ha mostrado resultados de eficiencia temporales en algunos casos así como su incompatibilidad inmediata en otros. Una de las medidas del control de tráfico es la Restricción Vehicular que consiste en restringir la movilidad de automóviles, a partir de sus números de placas, por determinadas zonas con la finalidad de mitigar las externalidades negativas del transporte como la contaminación ambiental, congestión y seguridad vial. Es implementada en ciudades como Santiago de Chile, Sao Paulo y Ciudad de México para atenuar impactos ambientales y Bogotá con fines de reducir los problemas de congestión [26].

Ante el evento de la restricción vehicular, surge un efecto agravante el cual señala el aumento del uso de taxis y falsificación de placas de estos, así como una fuerte labor en cuanto al manejo para exceptuar la circulación de determinados vehículos, priorizar la circulación de organismos, entidades,

instituciones o condiciones especiales. Estos aspectos apuntan a una pérdida a largo plazo de efectividad de la restricción vehicular y como consecuencia induzca al incremento de la congestión vehicular, accidentes y contaminación ambiental [26].

La ausencia de estudios socioeconómicos ha provocado que las ciudades con alta movilidad urbana colapsen. Por ello se deben implementar rutas más eficientes donde sean establecidos los puntos de origen y destino, regular y velar por el uso cívico de las vías, y en lugar de restringir la circulación de vehículos en determinadas zonas establecer horarios flexibles para realizarlo [30].

2.7 Discusión de resultados

Observando los altos niveles de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), consumo energético y viajes por día atribuido al sector transporte, se tendrá que las zonas urbanas están apuntando a estar más contaminadas, con mayor riesgo vial para las personas y más congestionadas. Por esta razón expuesta es que países estudian la posibilidad de buscar un medio de movilidad urbana sostenible cubriendo la protección del medio ambiente y mejorando el bienestar de los ciudadanos, asegurando un mayor incremento en el desarrollo económico y social de los entornos urbanos [31]. A continuación se muestra el Cuadro 8 el cual resume los diversos tipos de transporte público y los tipos de efectos que generan. El Cuadro 9 presenta una propuesta de ponderación de los impactos no deseados en transportes públicos latinoamericanos.

3. Conclusiones

En las últimas tres (3) décadas del Siglo XX, el urbanismo de Latinoamérica es transformado con elevados índices de urbanización generando como consecuencia mayor necesidad de movilidad y transporte. A pesar de lo útil que resultan los transportes, estos también provocan efectos negativos tales como deterioro medioambiental, congestión y altos riesgos de mortalidad a personas.

Para el presente trabajo se realizó una revisión de literatura sobre movilidad y transporte considerando veintinueve (29) ciudades metropolitanas de Latinoamérica y El Caribe a saber: Barranquilla, Belo Horizonte, Bogotá, Brasilia, Buenos Aires, Cali, Caracas, Ciudad de México, Curitiba, Florianópolis, Guadalajara, León, Lima, Manaus, Medellín, Montería, Montevideo, Panamá, Pereira, Porto Alegre, Quito, Recife, Río de Janeiro, Rosario, Salvador de Bahía, San José, Santa Cruz de la Sierra, Santiago y São Paulo.

En la infraestructura de las ciudades metropolitanas de América Latina se observa que las vías prioritarias para los Buses de Tránsito Rápido (BRT) son pequeñas, representando un 0,33% respecto al total de kilómetros del sistema vial. La prioridad de circulación para los ciclistas apenas constituye un 0,63% del total de vías. Por otra parte de acuerdo a la clasificación dada a los transportes públicos colectivos, se detalla que el autobús estándar es el único modo de transporte común en todas las ciudades metropolitanas de Latinoamérica. Los transportes colectivos menos usuales para estas ciudades son el barco, el jeep, el tranvía y el autobús biarticulado.

En la revisión realizada se encontró que la movilidad peatonal arrojó casi un 50% de los fallecidos respecto a otros modos de transporte como son en auto, bicicleta y moto, evidenciando que las necesidades de éstos no han sido consideradas por las políticas de movilidad en Latinoamérica.

El mayor índice de mortalidad en el tránsito por cada cien mil (100.000) habitantes en 29 ciudades metropolitanas de Latinoamérica se refleja en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, y el menor de los índices (incluso por debajo del promedio de Europa) se evidencia en la Ciudad de Panamá.

A pesar de efectuarse mayor cantidad de viajes diarios en el transporte público de Latinoamérica, el mayor porcentaje de uso de energía y mayor cantidad de emisiones de CO₂ es atribuido al transporte individual.

El sistema de transporte con menor impacto negativo, tanto social como ambiental, es el metro, seguido por el ferrocarril. Además se evidencia que el mayor efecto causado a la sociedad por los transportes públicos corresponde a la alta tasa de fallecidos por accidentes viales, y el alto consumo de energía eléctrica resalta como el mayor efecto ambiental.

Cuadro 8. Resumen de los impactos no deseados de los sistemas de transporte públicos en Latinoamérica

		Ferrocarril	Tranvía	Trolebús	Metro	BRT
Efectos a la Sociedad	Congestión	No aplica por ser un sistema subterráneo.	Poseen vías exclusivas para su tránsito, disminuyendo el espacio disponible para el vehicular.	Puede dar impactos positivos, no posee rutas exclusivas y es utilizado por una parte importante de pasajeros, descongestionando el tránsito vehicular.	Al ser subterráneo, no impacta este factor	Poseen vías exclusivas para su pase, disminuyendo el espacio disponible para el tránsito vehicular.
	Fallecidos por accidentes viales y seguridad vial	No se reportan accidentes viales en esta modalidad de transporte.	Se reportan bajos accidentes en peatones y otros medios de transporte [32]	Se reportan accidentes en peatones y otros medios de transporte.	No se reportan accidentes viales en esta modalidad de transporte.	Se reportan altos índices. Para 2017 se registraron 40.624 accidentes en América Latina [33] y 308 fallecidos para el 2018 [34]
	Contaminación sonora	Depende de la tecnología en uso, en el caso de ferrocarriles eléctricos, no la ocasionan.	Su efecto es bajo o poco perceptible.	Su efecto es bajo o poco perceptible.	No la ocasionan.	Los eléctricos no la ocasionan. Los de motores de combustión ocasionan.
	Efecto negativos a la salud	Ocasionan efectos negativos dependiendo del combustible que utilizan y su tecnología.	Al ser eléctricos, no emiten gases ni partículas en suspensión que afecten la salud.	Al ser eléctricos, no emiten gases ni partículas en suspensión que afecten la salud.	Al ser eléctricos, no emiten gases ni partículas en suspensión que afecten la salud.	Ocasionan mayores efectos negativos si utilizan diésel en lugar de Gas Natural Licuado
Efectos al ambiente	Consumo de energía eléctrica	Alto consumo si son eléctricos	La fuente de energía para su funcionamiento es la energía eléctrica, siendo alto su consumo.	La fuente de energía para su funcionamiento es la energía eléctrica, siendo alto su consumo.	La fuente de energía para su funcionamiento es la energía eléctrica, siendo alto su consumo.	Alto consumo si son eléctricos
	Contaminación del aire y emisiones de GEI	Altas emisiones de GEI si usan combustibles. Baja contaminación si son eléctricos	Emisiones indirectas debido al consumo de energía eléctrica para su funcionamiento.	Emisiones indirectas debido al consumo de energía eléctrica para su funcionamiento.	Emisiones indirectas debido al consumo de energía eléctrica para su funcionamiento.	Altas emisiones de GEI si usan combustibles. Baja contaminación si son eléctricos

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 9. Ponderación de los impactos no deseados en sistemas de transportes públicos latinoamericanos.

Efectos		Ferrocarril	Tranvía	Trolebús	Metro	BRT	Total
A la Sociedad	Congestión	0	0,5	0	0	0	0,5
	Fallecidos por accidentes viales	0	0,5	1	0	1	2,5
	Contaminación sonora	0	0,5	0,5	0	1	2
	Efecto negativos a la salud	1	0	0	0	1	2
Al ambiente	Consumo de energía eléctrica	0	1	1	1	0	3
	Contaminación del aire y emisiones de GEI	1	0	0	0	1	2
Total		2	2,5	2,5	1	4	

Fuente. Elaboración propia.

Leyenda: 0: sin impacto; 0,5: bajo impacto; 1: alto impacto. *NOTA:* se considera el ferrocarril y los BRT a combustible.

AGRADECIMIENTO

Los autores de este artículo agradecen al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) [35], ya que el mismo fue elaborado en el marco del proyecto Red Iberoamericana de Transporte y Movilidad Urbana Sostenible [36].

Referencias

- [1] A. Quijano. Dependencia, cambio social y urbanización en Latinoamérica, *Rev. Mex. Sociol.*, 3(3):525–570, 1968.
- [2] Banco Mundial. *Población, total - Latin America & Caribbean, Europe & Central Asia*, Datos, 2020. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL?locations=ZJ-Z7>.
- [3] C. L. Vásquez Stanescu, R. O. Pérez Cedeño, R. Ramírez-Pisco, and W. J. Osal Herrera. Sistemas de Transporte Urbano en Latinoamérica. *TRIM*, 17(8):31–44, 2019.
- [4] E. Vasconcellos. *Desarrollo urbano y movilidad en américa latina*, 1st ed. Ciudad de Panamá, 2011.
- [5] M. Picornell Tronch. *Metodología para la extracción de patrones de movilidad urbana mediante el análisis de registros de actividad telefónica (call detail record)*, Universitat Politècnica de Valencia, España, 2017.
- [6] W. A. Ortega. Congestión vehicular de transporte urbano y su incidencia en salud y medio ambiente en la ciudad de Puno, *Revista Científica Investigación Andina*, 1(1):226–249, 2019.
- [7] D. A. Vasco Carrasco. *Externalidad negativa en el transporte urbano de Ambato por emisiones directas de CO₂, NO_x y SO₂*, Proyecto Previo la obtención del Título de Ingeniero Bioquímico. Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [8] E. A. Vasconcellos. *Contribuciones a un gran impulso ambiental para América Latina y el Caribe: movilidad urbana sostenible*, Documento de Proyectos. Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2019.

- [9] L. Barba, C. Ruiz, D. Rodríguez, J. I. Perén. Plan de movilidad urbana sustentable de la universidad de panamá (plamup): etapa 1,” *SusBCity*, 2(1):50–53, 2020.
- [10] Banco de Desarrollo de América Latina. *Bases de datos de movilidad urbana por ciudad*, Bases de datos de movilidad urbana por ciudad, 2015. Disponible en: <https://www.caf.com/es/conocimiento/datos/observatorio-de-movilidad-urbana/>.
- [11] J. Hurtado de Barrera, *Metodología de la Investigación Holística*, 3rd ed. Caracas, 2000.
- [12] P. Jirón, D. Z. Singh. Dossier . Movilidad urbana y género: experiencias latinoamericanas, *Transp. y Territ.*, 16:1–8, 2017.
- [13] K. Estrada, A. Pérez, A. Vergara, J. Perén. Desarrollo de una metodología para evaluar la movilidad y el potencial de edificios con espacios de transición, *Rev. Iniciación Científica*, 3:32–37, 2017.
- [14] S. Zobelzu, A. López, M. Gutiérrez, F. Blanco. Modelo de cálculo de las emisiones difusas de gases de efecto invernadero procedentes del transporte. Análisis según variables de diseño urbanístico,” *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, 73:200–213, 2014.
- [15] L. Loaiza, C. Morales. El Trolebús como una Política Pública, *Fermentum. Rev. Venez. Sociol. y Antropol.*, 12(34)34:271–284, 2002.
- [16] Y. Aguayo. *Sistema Tributario y el Impuesto a las Externalidades en las Empresas de Venta de Petróleo en la Provincia Constitucional del Callao, año 2018*. Tesis para obtener el Título profesional de Contador Público. Universidad César Vallejo, 2018.
- [17] H. Suárez Falcón, D. Verano Tacoronte, A. García Santana. La movilidad urbana sostenible y su incidencia en el desarrollo turístico, *Gestión y Ambient.*, 19(1):48–62, 2016.
- [18] G. Pastor. *Medios de Transporte Urbano, Cátedra Transporte*. Universidad nacional de Cuyo, facultad de Ingeniería, 2018. Disponible en: <http://ingenieria.uncuyo.edu.ar/catedras/u1-medios-de-transporte-urbano.pdf>
- [19] M. A. Aarón, C. A. Gómez, J. Fontalvo, A. J. Gómez. Análisis de la movilidad vehicular en el departamento de La Guajira usando simulación . El Caso de Riohacha y Maicao, *Inf. Tecnológica*, 30(1):321–332, 2019.
- [20] E. Vasconcellos, A. Mendonça. *Observatorio de movilidad urbana: informe final 2015 - 2016*, Resumen ejecutivo. Caracas: CAF, pp. 1–25, 2016. Disponible: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/98>
- [21] J. D. Saavedra. *Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en ambiente en un ambiente de tráfico vehicular*, Trabajo de Grado, Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina, 108 pags. 2014. Disponible: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1872>
- [22] Organización Panamericana de Salud. *Nueve de cada 10 personas en todo el mundo respiran aire contaminado, pero más países están tomando acciones*, Pan American Health Organization Noticias. 02 de mayo, 2018. Disponible en: <https://www.paho.org/>
- [23] C. Dora, J. Hosking, P. Mudu, E. R. Flecher. *Módulo 5g. Transporte Urbano y Salud*. Dominik Schmid. 1era Ed. Eschborn, Germany. 2011.
- [24] S. L. Uribe. Propuesta metodológica para el diseño de intersecciones urbanas, *INVENTUM*, 4(7): 46–54, 2009.
- [25] Organización Latinoamericana de Energía, *Informe de Estadísticas Energéticas*, 1era ed. Quito, 2016.
- [26] J. R. Quintero-González. Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible, *Ambient. y Desarro.*, 21(40):57–72, 2017.
- [27] P. Vega. *La accesibilidad del transporte en autobús: Diagnóstico y soluciones, Serie de documentos técnicos*. Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO). 1era ed. Barcelona, 2006.
- [28] A. M. Burbano. La movilidad de la mujer en el espacio público: inequidades espaciales, *Papeles Coyunt.*, 38:59–65, 2014.

- [29] I. Thomson, A. Bull. La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. *Serie de Recursos Naturales e Infraestructura, Nro 25, Publicación de la CEPAL y Naciones Unidas*, Santiago de Chile, 33 pags, 2001.
- [30] G. Duque Escobar. Un pico y placa inconveniente para Manizales, *Reporte*. Manizales, 2014.
- [31] A. Gutiérrez. ¿Qué es la movilidad? Elementos para (re) construir las definiciones básicas del campo del transporte. *Bitácora*. 21(2):61-74. 2012. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5001899.pdf>
- [32] El Metro de Medellín, Accidente de tránsito en corredor tranviario, Página Web, 2019. Disponible en: <https://www.metrodemedellin.gov.co/al-d%C3%ADa/noticias-metro/artmid/6905/articleid/1066/accidente-de-tr225nsito-en-corredor-tranviario>
- [33] BRT Data, Indicador de accidentes anuales con heridos en la ciudad, Datos, 2020. Disponible en: https://brtdata.org/indicators/systems/citywide_annual_injuries
- [34] BRT Data, Indicador de muertes anuales en la ciudad, Datos, 2020. Disponible en https://brtdata.org/indicators/systems/citywide_annual_road_fatalities
- [35] CYTED. Inicio. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 2020. Disponible en: <http://www.cytcd.org/es/cytcd>
- [36] CYTED, Red Iberoamericana de movilidad y transporte urbano sostenible (RITMUS), 2020. Disponible en: <http://www.cytcd.org/es/ritmus>

Sobre los autores

Rhonmer Orlando Pérez Cedeño

Ingeniero Electricista. Departamento de Mantenimiento de Productos Alimex C.A, Barquisimeto, Venezuela.
Candidato a Doctor en Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre (UNEXPO), Barquisimeto, Venezuela.
Correo electrónico: rhonmerperez@gmail.com.

[ORCID](#)

William José Osal Herrera

Ingeniero Electricista, Magister Scientiarum en Ingeniería Eléctrica, Doctor.
Profesor e Investigador en la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre (UNEXPO), Barquisimeto, Venezuela.
Correo electrónico: wosal@unexpo.edu.ve

[ORCID](#)