



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

"SOLUCIONES DE TRÁNSITO EN ALTA CONGESTION VEHICULAR DE INTERSECCIONES URBANAS". UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA ENTRE 2010-2020.

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en **Ingeniería Civil**

**Autor:**

Oscar Alejandro Leon Vallejo

**Asesor:**

Ing. Alberto Rubén Vásquez Diaz

Trujillo - Perú

2020

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber  
llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.*

*A mis padres, por su apoyo incondicional y el esfuerzo que han hecho para poder culminar mis  
estudios, inculcando en mí, el ejemplo de esfuerzo y valentía.*

*Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, por apoyarme cuando más los necesito,  
por extender su mano en momentos difíciles y por la motivación brindada cada día.*

## AGRADECIMIENTOS

*El presente trabajo agradezco a Dios por quien me dio la fortaleza, fe y esperanza para hacer realidad este logro.*

*A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.*

*A mi asesor, quien en todo momento ha contribuido y aportado en la realización de este proyecto.*

*A la Universidad Privada del Norte y a los docentes que me han acompañado durante el trayecto de mi vida universitaria.*

*Agradezco a mis amigos por brindarme el apoyo incondicional para mejorar con cada día de experiencia.*

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b>	8
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b>	11
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b>	13
<b>CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES</b>	24
REFERENCIAS	25

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de registro de artículos incluidos la revisión sistemática .....	14
Tabla 2: Artículos según su procedencia y naturaleza de investigación.....	17
Tabla 3 Análisis de componentes en las alternativas de solución de tránsito bajo niveles de servicio altos en intersecciones .....	18
Tabla 4 Inducción de categorías .....	20

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios a usar.....	13
Figura 2: Porcentaje de exclusión en el total de artículos seleccionados .....	13
Figura 3: Distribución de artículos publicados por año .....	16
Figura 4: Distribución del porcentaje artículos según el motor de búsqueda .....	16

## RESUMEN

En el presente artículo se da a conocer la problemática de la alta congestión de flujo vehicular existente en los puntos de mayor conflicto de las vías urbanas, las intersecciones; ante ello, nace la necesidad de considerar alternativas que mejoren esta situación, siendo, necesario analizar cada una de las soluciones de tránsito presentadas a problemas del congestionamiento vehicular en intersecciones urbanas entre 2010 a 2020. Con el uso de la revisión sistemática, estableciendo criterios de inclusión, como, una antigüedad máxima de 10 años, redacción en español e inglés, y tener una validez científica confiable; se logró incluir 20 artículos existentes en las bases de datos de Dialnet, ResearchGate, Scielo, Alicia, EBSCO, Redalyc, y repositorios institucionales, que presentan sus resultados con relación a los temas: modelo de simulación, niveles de servicio y soluciones implementadas para dar solución a las problemáticas presentadas en la movilidad de las intersecciones. De esta forma, encontrando los aportes inherentes en cada artículo, se analizó la aplicación de arreglos geométricos y señaléticos, optimizaciones semaforicas, pasos a desnivel, corredores no convencionales (USC), rotondas y medidas restrictivas, desarrollados según la necesidad de la región de estudio (Colombia, Perú, etc.), donde cada medida implementada pertenece a una respuesta excepcional en un mismo contexto, ya que, incluyen previamente un estudio específico de todos los factores de tránsito que inciden la capacidad vial del entorno.

**PALABRAS CLAVES:** soluciones al tráfico, congestión vehicular, intersecciones urbanas, revisión sistemática

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, muchas ciudades apuestan por el mejoramiento de las intersecciones viales, a fin de dar solución a los graves problemas de tránsito en diferentes zonas urbanas; ya que, implican ser los puntos más críticos establecidos según varios autores (Cáceres, Díaz, Morales, Cifuentes y Parra, 2016), que vieron la necesidad de estudiar y analizar el tránsito en todo su dominio, entendiéndose, las ya mencionadas como puntos alternados a movimientos conflictivos, lo que, significa una menor disponibilidad de tiempo de circulación. Es así, que en un conjunto vial las intersecciones se congestionan primero y en definitiva pasan a ser los conocidos cuellos de botella o restricciones operacionales. Según Hernández, Vidaña, y Rodríguez (2015), este tipo de problemas son cada vez más notorios con el aumento del parque vehicular de cada ciudad, que a la vez demandan un mayor número de sistemas de control de la red vial, dando como resultado, un aumento en las demoras de viajes urbanos ocasionados por el propio sistema.

A raíz de lo mencionado, Hernández et al.(2015), manifiestan que la ingeniería civil busca atender esta problemática enfocándose de manera continua en la optimización de la operación del flujo vehicular por medio de los diseños geométricos de las vialidades, el uso de rotondas, pasos a desnivel o semaforizaciones que puedan satisfacer la demanda vehicular en una intersección, siendo en conjunto, las denominadas alternativas de solución vial, donde cada propuesta obedece a diversas problemáticas analizadas con anterioridad, demostrándose que se deben tomar en cuenta todos los factores que se contienen la elaboración de un proyecto geométrico en el entorno urbano.

El congestionamiento vehicular en avenidas y/o calles principales es un problema que aparece a nivel mundial. En ciudades como Los Ángeles, San Francisco y Nueva York en Estados Unidos, así como Bruselas, Milán y París en Europa, donde existe un creciente aforo automovilístico que circula por sus vías, debido a que la población resuelve su necesidad de



trasladarse para realizar sus actividades cotidianas, como si fuera el caso de transportar productos de primera necesidad humana (Rodríguez, Vidaña, y Rodríguez, 2015). Es en este escenario, Silva y Villanueva (2019), mencionan que se pone en evidencia un mal control en la planificación vial, que viene generando consecuencias negativas, como incrementos en tiempos de viaje, contaminación sonora, pérdida de horas trabajadas y de descanso, deterioro de salud y accidentes regularmente.

De esta manera, en lo que respecta a congestión en las intersecciones, es tentativo pensar que un incremento en la infraestructura vial o un cambio considerable, conlleva necesariamente a una mejora en la fluidez vehicular, pero no siempre es así; el mal diseño de infraestructuras viales y el uso de controladores de tránsito, obsoletos e ineficientes, son las principales causas que han ocasionado que varias ciudades en el mundo presenten problemas serios de transporte, por lo que se busca la existencia de nuevas estrategias sobre tránsito vehicular en sistemas viales, buscando el buen desempeño de la movilidad vehicular (Hernandez et al., 2015), es ahí, donde radica la importancia tener en cuenta que al problema de congestión vehicular se le tiene que dar una solución óptima y eficaz para que esas intersecciones puedan operar de manera correcta, para que, al tener un mejor plan de desarrollo y darle mantenimiento adecuado a las vías se puede obtener una mejoría constante en el sistema de transporte, ayudando al usuario y conductor que transita en la vía.

Por consecuencia, en base a la información definida anteriormente, surge la necesidad de conocer ¿Cuáles son las soluciones de tránsito en alta congestión vehicular de intersecciones urbanas entre los años 2010 a 2020?, donde, el artículo plantea como respuesta a la pregunta de investigación, el objetivo de analizar las soluciones de tránsito existentes a problemas del congestiónamiento vehicular en intersecciones urbanas entre 2010 a 2020.

El presente artículo se planteará como fuente base para determinar distintas soluciones de tránsito óptimas relacionadas a los factores originados del congestionamiento vehicular, presentes en cualquier tipo de intersección urbana, siendo del interés, de muchas metrópolis a nivel nacional e internacional, dada la constante amenaza el crecimiento poblacional y vehicular con el pasar de los años. De esta manera, se busca impulsar a la investigación futura y precisa, para la correcta ampliación de la gama de conocimiento acerca de los modelos de optimización vial de vanguardia.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La investigación desarrolló el proceso de investigación, bajo la modalidad de revisión sistemática, basada en la recolección, organización, evaluación y sinterización toda la documentación disponible que corresponde exclusivamente a las posibles soluciones de tránsito en base a la alta congestión vehicular, en el contexto de intersecciones urbanas, ya sea para mejorar la práctica actual o para servir de base para nuevos enfoques de investigación. (Velásquez, 2014). El mencionado proceso fue dado bajo la premisa de cumplir con los criterios selección siguientes: Mantener una antigüedad máxima de 10 años, estar redactado en español e inglés, y ser perteneciente en artículos de investigación, artículos de revisión (recibidos y aprobados por las revistas científicas) y tesis de grado, maestría o doctorado dentro del ámbito nacional e internacional.

La información obtenida, fue producto de la búsqueda de publicaciones realizadas en bases de datos mencionadas a continuación: Dialnet, ResearchGate, Scielo, Alicia, EBSCO, Redalyc, y los repositorios institucionales de la Universidad Privada Antenor Orrego, Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad Privada de Tacna y Universidad la Gran Colombia. Donde, se extrajo 22 artículos, que posterior revisión quedaron reducidos a tan solo 20.

La estrategia de búsqueda empleada fue el mecanismo del uso de palabras claves relacionadas a la pregunta de investigación, como: “congestionamiento vehicular”, “traffic solutions”, “optimization transit”, “diseño de intersecciones”, “alternativas de solución de tráfico vehicular”, “optimización de intersecciones”; de la mano de la aplicación de filtros de información plasmados anteriormente, como, la fecha de publicación, idioma y el tipo de investigación.

Las investigaciones seleccionadas fueron sometidas a criterios de exclusión que contemplaban aquellos trabajos de investigación que no cumplieran con una validación científica,

que no respondían a la pregunta de investigación, y no caracterizaban a ninguna de las variables y/o contexto; es así que se llega al descarte de 2 artículos preliminares.

Finalmente, para el registro y extracción de información en cada una de las investigaciones, se elaboró una matriz con los siguientes datos: base de datos utilizada, referencia bibliográfica, tipo de investigación, estructura del artículo, conceptos relacionados al tema de estudio; además, se adjuntó una compilación de la información en base a los objetivos, método utilizado, resultados obtenidos y conclusiones.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

El procedimiento de búsqueda realizado, conllevó a seleccionar preliminarmente 22 artículos publicados alrededor del mundo, de los cuales se excluyeron 2 dada la falta de sustento a responder la pregunta de investigación, y una incorrecta caracterización de la variable implicada a la solución de tránsito (Ver Figura 1). Es así, que finalmente se escogieron un total de 20 artículos que representan el 12% de los inicialmente localizados, tal como se muestra en la Figura 2.

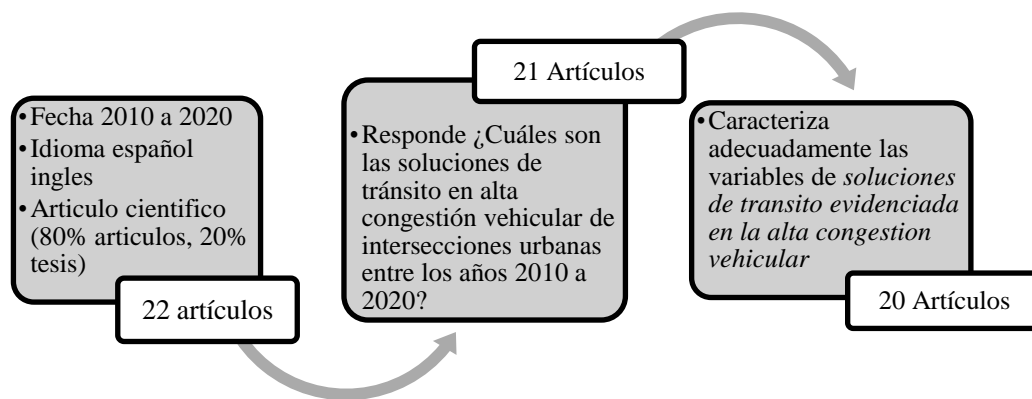


Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios a usar.

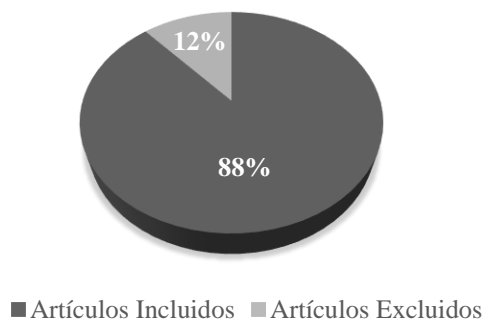


Figura 2: Porcentaje de exclusión en el total de artículos seleccionados

En la Tabla 1 se presentan los 20 trabajos de investigación seleccionados y sus características principales referentes a la base de datos de selección, el año de publicación, la diversidad de países de origen de la elaboración, y el diseño metodológico que refleja el tipo de resultados ingenieriles de cada estudio.

Tabla 1  
*Matriz de registro de artículos incluidos la revisión sistemática*

Nº	Base de datos	Título del trabajo de investigación	Año	Diseño Metodológico	País
1	Dialnet	Problemática en Intersecciones Viales de Áreas Urbanas: Causas y Soluciones	2015	Revisión	México
2	Dialnet	Modelado y simulación del problema de movilidad vehicular en un sistema de intersecciones semafóricas	2012	Experimental	Colombia
3	ALICIA-CONCYTEC	Modelo de optimización del tráfico y mejora de la movilidad urbana en el entorno de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa	2017	Experimental	Perú
4	EBSCO	Evaluación y Alternativas de Solución para el Problema de Congestión Vehicular Presente en la Glorieta de Menga, Intersección Avenida 6n con Calle 70	2018	Experimental	Colombia
5	EBSCO	Propuesta técnica para disminuir la congestión vehicular, en el sector de Sameco (Intersección Calle 70 con Avenida 3 Norte).	2017	Experimental	Colombia
6	ResearchGate	Analysis of unconventional arterial intersection designs (UAIDs): state-of-the-art methodologies and future research directions	2012	Revisión	Egipto/ Canadá
7	Redalyc	Sistema adaptativo de control y optimización del tráfico de un corredor vial semaforizado. Aplicación a la ciudad de Medellín	2011	Experimental	Colombia
8	Repositorio UPAO	Análisis del congestionamiento vial y formulación de propuestas de mejora en la intersección semaforizada de las Av. América Oeste, Av. Pablo Casals y Av. Mansiche en Trujillo, La Libertad	2019	Experimental	Perú
9	Dialnet	Evaluación de la congestión vehicular: Av. Castro Benítez y Vía Pajonal, Machala-Ecuador, año 2016	2017	Experimental	Ecuador
10	Repositorio PUCP	Mejoramiento de las condiciones de circulación de la intersección ubicada en Avenida La Marina y las calles Juan Valer Sandoval Y Miguel De Unamuno	2019	Experimental	Perú
11	Dialnet	Modelación y calibración de la intersección ubicada entre las carreras 23 y 21 con las calles 45 y 48 en la ciudad de Bucaramanga	2018	Experimental	Colombia

N°	Base de datos	Título del trabajo de investigación	Año	Diseño Metodológico	País
12	Dialnet	Evaluación del congestionamiento vehicular en intersecciones viales	2015	Revisión	México
13	SciELO	Intersecciones tipo diamante divergente, análisis de implementación en ciudades colombianas	2011	Cuasi-Experimental	Colombia
14	Repositorio UPT	Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Bolognesi y la Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna	2019	Experimental	Perú
15	Dialnet	Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas	2015	Revisión	México
16	EBSCO	Nivel de congestionamiento del tráfico vehicular de la zona comercial de la avenida Bolognesi, Tacna – 2019	2019	Experimental	Perú
17	Repositorio UGC	Identificación de Modelos de Simulación de Tráfico Vehicular para Solución de Conflictos por Demoras en Intersecciones – Revisión Temática	2016	Revisión	Colombia
18	Repositorio UGC	Caracterización, modelación y diseño de intersecciones. Revisión literaria	2016	Revisión	Colombia
19	Redalyc	Control de tráfico basado en agentes inteligentes	2014	Revisión	México
20	ResearchGate	Unconventional USC intersection corridors: evaluation of potential implementation in Doha, Qatar	2011	Experimental	Egipto/ Canadá

Nota. Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, se agruparon los 20 estudios según el criterio de antigüedad en su publicación, donde, los cinco primeros años de la década analizada (2010-2014), presentan 6 trabajos; es así, que las 14 publicaciones restantes están presentes en la última mitad de la década (2015-2020), de constante actualización en este tipo de artículos en los últimos años (Ver Figura 3).

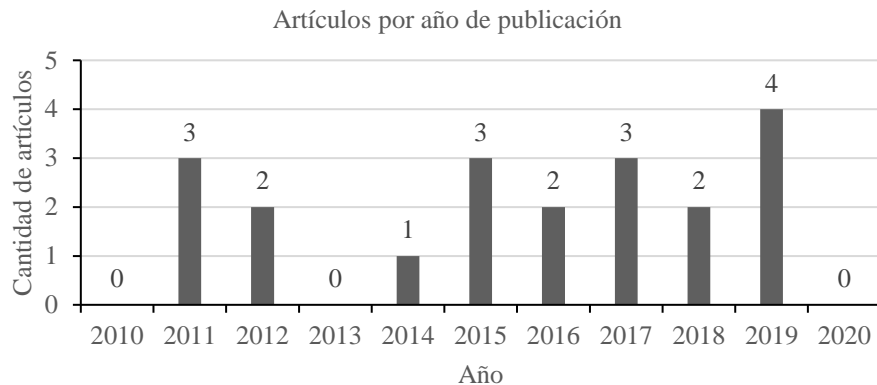


Figura 3: Distribución de artículos publicados por año

En la Figura 4 se representa los porcentajes de incidencia de cada uno de los motores de búsqueda, Dialnet, ResearchGate, Scielo, Alicia, EBSCO, Redalyc, y diversos repositorios institucionales, en las fuentes de información. Se observa que, alrededor de la tercera parte del total pertenece a Dialnet (6 artículos), que demuestra su implicancia en las investigaciones relacionadas al tema en discusión.

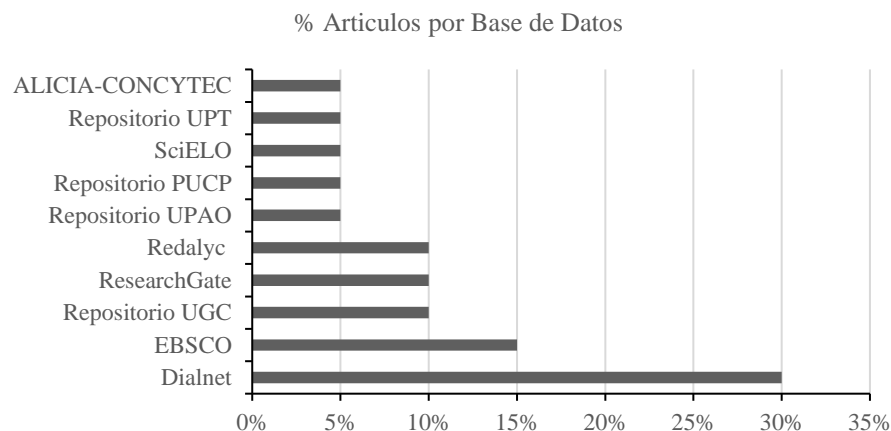


Figura 4: Distribución del porcentaje artículos según el motor de búsqueda

Otra información a considerar es la procedencia de las investigaciones, donde a raíz de lo observado en la Tabla 2, se demuestra el interés global por el tema de la revisión sistemática, donde Colombia cuenta con el mayor número de instituciones referidas en los artículos, con 8,



seguidamente de Perú, poniendo en evidencia la relevancia del área en los países mencionados de la región. Adicionalmente, en la Tabla 2 se presenta la naturaleza de las investigaciones empleadas, experimentales o de revisión, arrojando valores de 65% y 35% respectivamente.

Tabla 2:  
*Artículos según su procedencia y naturaleza de investigación.*

<b>País de procedencia</b>	<b>F</b>	<b>%</b>	<b>% Artículos. Experimentales</b>	<b>% Artículos Revisión</b>
Colombia	8	40%	30%	10%
Perú	5	25%	25%	0%
México	4	20%	0%	20%
Egipto/ Canadá	2	10%	5%	5%
Ecuador	1	5%	5%	0%
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>	<b>65%</b>	<b>35%</b>

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 se presentan las particularidades y similitudes encontradas en relación a los modelos de optimización de tránsito descritos en cada artículo, teniendo en cuenta el nivel de congestión presente en cada caso (nivel de servicio). Así mismo, se identifica la herramienta de modelado que permiten conocer los problemas de tráfico presentes y plantean una solución efectiva mediante la comparación de alternativas (Cáceres et al., 2016).

Tabla 3

*Análisis de componentes en las alternativas de solución de tránsito bajo niveles de servicio altos en intersecciones*

N°	Autor (es)	Propuestas de solución	Nivel de servicio	Modelamiento	Medida de efectividad
1	Hernandez et al. (2015)	Arreglos geométricos, optimizaciones semafóricas, uso de rotondas, pasos a desnivel	No precisa*	No precisa*	No precisa*
2	Sánchez y Villa (2012)	Incrementar los tiempos semafóricos del cambio al estado	Alto	Agentsheets	% de vehículos no evacuados
3	Tejada et al. (2017)	Replanteo semafórico	F	Synchro 8	Nivel de servicio
4	Ramírez (2018)	Construcción de paso a desnivel	F	VISSIM	Tiempo de demora, velocidad promedio
5	Correa et al. (2017)	Reubicación semafórica	F	VISSIM	Longitud de cola
6	El Esaweya y Sayedb (2012)	Implementación de Corredores no convencionales en intersecciones (USC)	No precisa*	No precisa*	No precisa*
7	Jiménez y Sarmiento (2011)	Sistema control adaptativo en semáforos	Alto	VAP mediante control adaptativo	Longitud de cola
8	Silva y Villanueva (2019)	Modificación de la geometría, mejoramiento de señalización horizontal y vertical y la optimización semafórica	F	Synchro 8	Longitud de cola
9	Oyola et al. (2017)	Sistema de semaforización en dos fases	F	Synchro 8	Tiempo de demora
10	Vargas (2019)	Redistribución de los tiempos del semáforo y modelación de la geometría	Alto	VISSIM	Tiempo de demora
11	Rodríguez et al. (2018)	Rediseño intersección, adecuación ciclovías	F	TRANSMODELER	Velocidad promedio
12	Rodríguez et al. (2015)	Implementación de rotondas, Modelo de Vuelta en U, Contraflujo y Corredores no convencionales en intersecciones (USC),	No precisa*	No precisa*	No precisa*
13	Porras et al. (2011)	Intersecciones tipo diamante divergente	E, F	TRANSMODELER	Velocidad promedio
14	Urbina et al. (2019)	Sistema de semaforización en dos fases, aumento de carriles	F	Synchro 8	Tiempo de demora
15	Miramontes et al. (2015)	Señales de tránsito, disminución de demoras y la mitigación de puntos de conflicto	No precisa*	No precisa*	No precisa*
16	Pari et al. (2019)	Medidas restrictivas de tránsito	Alto	No precisa	No precisa

N°	Autor (es)	Propuestas de solución	Nivel de servicio	Modelamiento	Medida de efectividad
17	Tovar et al. (2016)	Señalización adecuada, rediseño geométrico	No precisa*	VISSIM	No precisa*
18	Cáceres et al. (2016)	No precisa	No precisa*	VISSIM	No precisa*
19	Castán et al. (2014)	Aplicación de sistemas inteligentes de transporte en semáforos	No precisa*	SiSOA	No precisa*
20	El Esaweya y Sayedb (2011)	Implementación de Corredores no convencionales en intersecciones (USC)	Alto	VISSIM	Tiempo de demora

Nota. Fuente: Elaboración propia

(\*) Estas investigaciones son de carácter literario mas no experimental, por tanto, no presentan datos cuantificables.

Se detalla en la Tabla 4, las subdivisiones realizadas a los aportes encontrados en los diversos artículos; dentro del marco de su definición, aplicación real, resultados comparativos y sugerencias novedosas; para las categorías de tipos de soluciones de tránsito en niveles de congestión elevados.

Tabla 4  
*Inducción de categorías*

Categorías	Aportes
Modificaciones geométricas y señaléticas	<p>Un diseño geométrico, implica que está compuesto por tres elementos bidimensionales, alineamiento horizontal, vertical y el diseño transversal, que se ejecutan de manera individual, pero que dependen unos de otros, y al momento de unirlos obtienen un elemento tridimensional que corresponde a la vía propiamente. (Hernandez et al., 2015)</p> <p>Rodríguez et al. (2018) establecen que, para rediseñar una intersección, se necesita investigar qué tipo de diseño funciona mejor en la misma teniendo en cuenta el número de corredores viales que confluyen y la importancia de la intersección a nivel local. Pero, Tovar et al. (2016) afirman que en algunos casos existe la posibilidad de que podría frenar el flujo de vehículos generando más demoras entre estos.</p> <p>Silva y Villanueva (2019) afirman que la modificación de la geometría, mejoramiento de señalización horizontal y vertical es la mejor combinación de propuestas que se ajustan a una zona de estudio con nivel de servicio alto (F); donde, la propuesta de mejora de geometría consiste en el ensanche carriles a 3 y 3.30m, la reducción de aceras a 3m, islas separadoras a 3 y 4.5 m, y la colocación de una isla canalizadora de 2.6 x 2.6 m para cruce peatonal y/o de bicicletas entre islas; reduciendo así, la longitud de cola en los accesos hasta en un 76%.</p> <p>A su vez, Miramontes et al. (2015) coinciden que sus trabajos revisados aseguran que, al considerar individualmente cada uno de los métodos antes mencionados obtuvo resultados benéficos para el mejoramiento de intersecciones, la implementación en conjunto de ellos guiará a un mejor análisis y evaluación.</p> <p>El estudio de Sánchez y Villa (2012) se propone dos soluciones orientadas a intervenir los tiempos de los semáforos 6, 8 y 9, los, en las cuales, el primer escenario, se aumentó el tiempo en estado “verde”, y en el segundo se retomó el primer escenario y se disminuye el tiempo en estado “rojo”. Los resultados para los cambios de tiempos semaforicos exhibidos por ambos escenarios son altamente satisfactorios, disminuyendo notablemente los valores de vehículos evacuados, especialmente, en el semáforo 8 alcanzándose mejoras superiores al 50%.</p>
Optimizaciones semaforicas	<p>Correa et al. (2017) plantea que la elección de una solución vehicular se justifica en un correcto sistema de semaforización que trabaje en conjunto de buenos resultados en la máxima eficiencia de manera grupal, mas no individual.</p> <p>Vargas (2019) contrapone que, el ciclo del semáforo no necesariamente mejora las condiciones de circulación en la intersección; y, tampoco favorece, necesariamente, al flujo cuyo tiempo en verde represente el mayor porcentaje del ciclo. Dado su escenario actual, el tiempo en verde representa el 60% del ciclo. Por otro lado, en la propuesta de rediseño, el tiempo en verde representa solo el 48% del ciclo. A pesar de ello, en este último, se obtuvo solo un incremento de 1 segundo en el tiempo de viaje promedio</p>

Categorías	Aportes
Implementación de pasos a desnivel	<p>Hernandez et al. (2015) afirma que un paso a desnivel es la zona en la que dos o más carreteras convergen a distinto nivel para el desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de una carretera a otra, teniendo como objetivo minimizar la cantidad de puntos de conflicto posible.</p> <p>En la investigación de Ramírez (2018) claramente se observa que, si se busca una solución apropiada a largo plazo (5 años a más) es la construcción de un paso a desnivel que comunica la Calle 70 con la Avenida 6N y la ampliación de la vía Cali – Yumbo, mejorando los niveles de servicio en la mayoría de los movimientos, siendo lo más resaltante, los tiempos de viaje que aumentan en 56% y 33% respectivamente.</p> <p>Actualmente, aparece un nuevo tipo modificación de intersecciones a desnivel, llamado diamante tipo divergente, que fue analizado Porras et al. (2011) que aseveran que su implemento trae de la mano una serie de ventajas en cuanto a operación en relación con otras alternativas a desnivel que pueden ofrecer mejores resultados, pero que implican un costo mucho mayor.</p> <p>A nivel mundial, aparecen tendencias novedosas para dar solución a los problemas de congestión, siendo los denominados corredores no convencionales (USC), que según El Esaweya y Sayedb (2012) buscan facilitar los movimientos de tráfico y reducir los conflictos entre los movimientos de giro a la izquierda y la oposición a través del tráfico al reencaminar uno o más de estos movimientos</p>
Implementación de Corredores no convencionales (USC)	<p>Detalladamente existen los conjuntos diferentes tipos de arreglos geométricos, tales como la vuelta izquierda desplazada para cruce (XDL), el diseño de cruce de media vuelta en U (MUT) y el diseño de intersección de cruce medio (SSM) que es similar al MUT, pero permite que las señales operen de forma independiente en dos direcciones debido a que contienen un descanso transversal en la intersección para el flujo peatonal. (Rodríguez et al., 2015)</p> <p>El Esaweya y Sayedb (2011) manifiestan en su estudio los beneficios que pueden surgir al desplegar una serie de intersecciones no convencionales (específicamente USC) en Doha, Qatar en comparativa con el sistema convencional. En el cual, el corredor convencional, obtuvo una duración óptima de ciclo de 90 segundos, y en la implementación del USC era de 40 segundos para todos los períodos de análisis.</p> <p>Se recalca que los USC tienen un menor número de puntos de conflicto en comparación con una intersección convencional de cuatro accesos. Los diseños SSM / MUT no convencionales tienen el menor número total de puntos de conflicto entre todos los demás, UAID. En adición, El XDL no es recomendable, dado que, tiene el mayor número total de conflictos y puntos de cruce (El Esaweya y Sayedb, 2012).</p>
Uso de rotondas	<p>Las glorietas responden de manera más eficiente a múltiples funciones como la regulación del tráfico y la regeneración urbana y paisajismo, de la mano con el aumento de la seguridad, sin embargo, se ha demostrado que la construcción de una rotonda puede ser atraer accidentes dada la propensión indecisión del conductor. (Hernandez et al., 2015)</p> <p>Según Hernandez et al. (2015) la construcción de rotondas implica con el cumplimiento de (1) la rotonda siempre debe asegurar una tasa de flujo máxima en la que los vehículos pueden entrar, (2) la glorieta debe operar sin sobrepasar su capacidad ni el factor horario de máxima demanda, y (3) la glorieta debe producir retrasos menores que una intersección señalizada operando con el mismo volumen de tránsito. De esta manera, se define si es acertado realizar o no la implementación de una rotonda.</p>

Categorías	Aportes
Medidas restrictivas de tránsito	Alternativamente aparecen soluciones a la congestión, como las medidas de circulación restringidas; la aplicación del sistema pico y placa, que consiste en la restricción de circulación de vehículos de acuerdo al número de su placa en determinados días, así también aparece, la política del garrote, que consiste en cobrar por el uso de vías congestionadas; de tal manera el costo social del libre tránsito por las vías limita el número de usuarios de las mismas. A ello, según Pari et al. (2019), el 81.3 % de los conductores mencionan no estar de acuerdo con pagar por el uso de la vía congestionada, frente a un 18.7 % que responde sí estar de acuerdo.

Nota. Fuente: Elaboración propia

La implementación de modificaciones geométricas se representa como la solución más común en lo que respecta a reducción de los niveles de servicio de una intersección. Sin embargo, funciona de manera eficaz siempre y cuando, vaya de la mano con la señalización correspondiente para trabajar en conjunto con buenos resultados, ya que de no ser así puede generas mayores atascos.

La incorporación de optimizaciones semafóricas tiende a tener resultados por encima de los estimados, aplicados en Latinoamérica, al considerar el cambio de fases en un todo el grupo de semáforos de una intersección, mejorando así la movilidad y la condición de nivel de servicio. Pero, hoy en día, Sistemas de Control de Tráfico Adaptativo, reducen el embotellamiento del tráfico urbano durante las horas punta, al modelar redes de semáforos con estrategias con pare, de control fijo, y/o de control semiactuated (control responsivo); además, las tecnología de Sistemas inteligentes para la Simulación y Optimización de Arterias (SiSOA), ofrecen un nivel de autonomía total, por medio de la cual, cada semáforo es capaz de evaluar sus llegadas y sus salidas, así como, obtener y calcular sus niveles de servicio vial en tiempo real.

El uso de pasos a desnivel, rotondas y/o soluciones no convencionales, está ligado a los valores que arroje un análisis económico y social existente en la intersección, ya que representan soluciones con un presupuesto alto, pero con un gran impacto a largo plazo. El diamante tipo

divergente, XDL, MUT, etc., incluyen la construcción de figuras que permiten la operación independiente de cada carril, para tener un flujo continuo sin la necesidad de recurrir a los semáforos, generando menores puntos de conflicto.

Las medidas restrictivas de tránsito son implantadas como normas pertenecientes al sistema de tránsito local, ya que incluye el cobro de impuestos e infracciones, siendo así, la forma más “primitiva” de combatir el tránsito a limitar la libre circulación de los usuarios en determinados días.

## CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

Se analizaron las diversas soluciones de tránsito existentes en alta congestión vehicular de intersecciones urbanas entre los años 2010 a 2020, presentando así, distintos enfoques aplicados a soluciones al tráfico; donde cada uno, es resultado de una carta de alternativas evaluadas por los criterios de los diversos autores. De esta manera, tenemos, arreglos geométricos y señaléticos, optimizaciones semafóricas, pasos a desnivel, corredores no convencionales (USC), rotondas y medidas restrictivas; que a su vez se desarrollan con gran variabilidad según la necesidad y la región seleccionada (Colombia, Perú, etc.).

Sin embargo, existe un factor de excepcionalidad en cada una de las alternativas, que indica, que no todas las propuestas pueden ser la respuesta en un mismo contexto, ya que, existen diversos factores atípicos en cada estudio de tráfico. Por lo tanto, es de vital importancia el análisis de cada uno de los componentes que influyen para la mejoría de una vía preexistente, tomando en cuenta las condicionantes del entorno y su distribución geométrica tridimensional actual, para su posterior modelación con el fin de distinguir las falencias y limitaciones que inciden en las intersecciones, y su respuesta ante distintos escenarios de corrección.

La investigación fue realizada con extensiva revisión bibliográfica, dada la limitación existente de encontrarse en su mayoría a estudios pertenecientes a tesis de grado más no a artículos de investigación.

Finalmente, la relevancia del estudio radica en dar a conocer la amplia gama de opciones a usar, tanto novedosas como los USC y las convencionales que emplean modificaciones en los diseños geométricos, siendo el rol de las autoridades competentes determinar la mejor manera de satisfacer las necesidades de cada entorno, minimizando los impactos ambientales y mejorando la comodidad de los usuarios.



## REFERENCIAS

- Cáceres, N., Díaz, N., y Morales, A. (2016). *Caracterización, modelación y diseño de intersecciones. Revisión literaria*. Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5139>
- Castán, J., Ibarra, S., Laria, J., Guzmán, J., y Castán, E. (2014). Control de tráfico basado en agentes inteligentes. *Polibits*, 50, 61-68. doi: 10.17562/PB-50-9
- Correa, C., Irurita, A., y Sánchez, D. (2017) *Propuesta técnica para disminuir la congestión vehicular, en el sector Sameco*. Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11522/9929>
- El Esawey, M., y Sayed, T. (2011). Unconventional USC intersection corridors: Evaluation of potential implementation in Doha, Qatar. *Journal of Advanced Transportation*, 45(1), 38-53. doi: 10.1002/atr.131
- El Esawey, M., y Sayed, T. (2012). Analysis of unconventional arterial intersection designs (UAIDs): State-of-the-art methodologies and future research directions. *Transportmetrica A: Transport Science*, 9(10), 860-895. doi: 10.1080/18128602.2012.672344
- Hernandez, G., Vidaña, J., y Rodríguez, A. (2015). Problemática en intersecciones viales de áreas urbanas: Causas y soluciones. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 12(56), 25-32. Recuperado de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/688>
- Jiménez, M., y Sarmiento, I. (2011). Sistema Adaptativo de Control y Optimización del Tráfico de un Corredor Vial Semaforizado. *Dyna*, 78(169), 71-78. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/20661/48731>

- Miramontes, E., Vidaña, J., y Rodríguez, A. (2015). Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 12(56), 51-60. Recuperado de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/691>
- Oyola, E., Berrú, J., Romero, E., Carrión, L., Aguirre, F., y Tacuri, M. (2017). Evaluación de la congestión vehicular: Av. Castro Benítez y Vía Pajonal, Machala-Ecuador, año 2016. *Cumbres*, 3(1), 135-142. Recuperado de <http://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/191/79>
- Pari, A., Malpartida, V., y Olave, H. (2019). Nivel de congestionamiento del tráfico vehicular de la zona comercial de la avenida Bolognesi, Tacna–2019. *Ciencia & Desarrollo*, 18(25), 32-40. doi: 10.33326/26176033.2019.25.861
- Porras, H., y Martínez, Y. (2011). Intersecciones tipo diamante divergente, análisis de implementación en ciudades colombianas. *Tecnura*, 15(29), 10-23. doi: 10.14483/22487638.6718.
- Ramírez, G. (2018) *Evaluación y alternativas de solución para el problema de congestión vehicular presente en la glorieta de Menga, Intersección Avenida 6N con Calle 70*. Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11522/10610>
- Rodríguez, N., Vidaña, J., y Rodríguez, A. (2015). Evaluación del congestionamiento vehicular en intersecciones viales. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 12(56), 41-50. Recuperado de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/690>
- Rodríguez, C., Castellanos, V., y Báez, C. (2018). Modelación y calibración de la intersección ubicada entre las carreras 23 y 21 con las calles 45 y 48 en la ciudad de Bucaramanga. *Ingenierías USBMed*, 9(1), 9-17. doi: 10.21500/20275846.311

- Sánchez, P., y Villa, F. (2012). Modelado y Simulación del Problema de Movilidad Vehicular en un Sistema de Intersecciones Semafóricas. *Lámpsakos*, 1(8), 15. doi: 10.21501/21454086.674
- Silva, W., y Villanueva, L. (2019). *Análisis del congestionamiento vial y formulación de propuestas de mejora en la intersección semaforizada de las Av. América Oeste, Av. Pablo Casals y Av. Mansiche en Trujillo, La Libertad*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Recuperado de <http://repositorio6.upao.edu.pe:8080/handle/upaorep/4625>
- Tejada, J., Villalba, L., Huaco, L., y Gonzales, P. (2015). Modelo de optimización del tráfico y mejora de la movilidad urbana en el entorno de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa – 2015. *Véritas*, 15(1), 67-79. Recuperado de <https://revistas.ucsm.edu.pe/ojs/index.php/veritas/article/view/8>
- Tovar, M., Ramírez, J., y Del Castillo, M. (2016). *Identificación de Modelos de Simulación de Tráfico Vehicular para Solución de Conflictos por Demoras en Intersecciones – Revisión*. Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Colombia. Temática. Recuperado de <http://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5025>
- Urbina, C., Torres, A., y Salazar-Calderón, R. (2019). Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Bolognesi y la Av. Gustavo Pinto en la ciudad de Tacna. *Ingeniería Investiga*, 1(1), 65-71. Recuperado de <http://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria/article/view/123>
- Vargas, A. (2019). *Mejoramiento de las condiciones de circulación de la intersección ubicada en avenida La Marina y las calles Juan Valer Sandoval y Miguel de Unamuno* (Tesis de

*pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/15531>

Velásquez, J. (2014). Una guía corta para escribir Revisiones Sistemáticas de Literatura Parte 2.

*Dyna*, 81(188), 9-10. doi.org/10.15446/dyna.v81n188.47872