

CAPACIDAD EN INTERSECCIONES A DESNIVEL PARA ZONAS URBANAS: UN ESTADO DEL ARTE

Capacity of underpass and overpass intersections in urban areas: A state of art

Cindy Lorena Guavita Hernandez¹, Lency Marcela López jurado², Nelson Andrés Garzón Soler³,

¹ Universidad La Gran Colombia, Colombia-Facultad de Ingeniería Civil, cindylorena.guavita@ulagrancolombia.edu.co

² Universidad La Gran Colombia, Colombia-Facultad de Ingeniería Civil, lencymarcela.lopez@ulagrancolombia.edu.co

³ Universidad La Gran Colombia, Colombia-Facultad de Ingeniería Civil, nelsonandres.garzon@ulagrancolombia.edu.co

Asesores: Laura Cala Cristancho Docente de investigación, Universidad La Gran Colombia, laura.cala@ugc.edu.co, & Darío Naranjo Torres IT, Mg en Ing. Civil. Docente Universidad La Gran Colombia dario.naranjo@ugc.edu.co

Resumen: Este artículo presenta una revisión bibliográfica de artículos investigativos sobre intersecciones a desnivel por medio de cuatro categorías: capacidad vehicular, nivel de servicio, movilidad y los diferentes tipos de intersección a desnivel. El campo de interés está centrado en las intersecciones, que desempeñan un papel principal en la movilidad de las ciudades con altos índices de tráfico. Estas deben ser aplicadas tanto para peatones como para vehículos, pensando en la seguridad, comodidad, funcionalidad, economía, cultura e impacto ambiental; estos factores optimizan la planeación, diseño y construcción de intersecciones ya sea a nivel, desnivel o elevadas; sin embargo por diversos factores la capacidad de estas se ve afectada, lo que produce aumento en los tiempos de viaje, accidentalidad y estrés para los conductores. Vissim como herramienta para simulación de tráfico, permite introducir y comprender las diferentes variables que inciden en el comportamiento de una intersección, así modelar la mejor solución para optimizar la capacidad de la misma.

Palabras Clave: Intersección, Capacidad, Movilidad, Transporte, Vissim.

Abstract – This article presents a literature review of research articles on overpasses through four categories: vehicle capacity, level of service, mobility and different types of intersection overpasses. The field of interest is centered at intersections, which play a major role in mobility in cities with high rates of traffic. These s should be applied to both pedestrians and vehicles, considering safety, comfort, functionality, economy, culture and environmental impact; These factors optimize the planning, design and construction of intersections either at the level, slope or higher; however by various factors such capacity is affected, resulting in increased travel times, accidents and stress for drivers. Vissim as traffic simulation tool, it lets you enter and understand the different variables that affect the behavior of an intersection, and model the best solution to optimize the capacity of it.

Keywords – Intersection, Capacity, Mobility, Transport, Vissim.

I. INTRODUCCIÓN

Se entiende por capacidad vehicular, al número de vehículos que pueden transitar por un tramo determinado, esta capacidad depende del diseño geométrico, la topografía del terreno estudiado y el comportamiento cultural de los usuarios que se movilizan en ese sector [1], es pertinente resaltar que se entiende por usuarios a aquellos que se transportan en vehículos, motociclistas y peatones; estos factores mencionados dan a los diseñadores una gran variedad de opciones a la hora de diseñar una intersección y a la

vez determinar cual resulta más conveniente como propuesta.

Los *software* de Simulación de Tráfico como *VISSIM*, son instrumentos bastante eficaces para la realización de una evaluación del tránsito de peatones y las operaciones de tráfico que se lleven a cabo en estas intersecciones. Los resultados que se obtienen de estos estudios, pueden ser usados para visualizar o evaluar argumentos los cuales se pueden apreciar en unas condiciones de tráfico corrientes, que se viven a diario; en las cuales se toman decisiones de alivio, para

mejorar la congestión que se puede presentar en ella. [2]

En los últimos años, especialmente a partir de principios del decenio de 1990, el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial ha causado mayor congestión, muchas demoras en el tránsito vehicular, accidentes y problemas ambientales, problemática que se refleja en las grandes ciudades. Esta congestión de tránsito se ha transformado en un flagelo de una particular severidad, dado que se manifiesta en los países industrializados como también en los que se encuentran en estado de desarrollo [3].

Uno de los factores importantes que se puede percibir es la capacidad en las intersecciones, las intersecciones son puntos en los que se cruzan dos o más vías; normalmente, son las que definen su capacidad, ya que por constituir puntos comunes a dos o más de ellas, deben dar paso alternado a movimientos conflictivos, lo que significa una disponibilidad menor de tiempo que en los tramos rectos o arcos. Por todo lo anterior se intuye que las intersecciones se congestionen primero y posteriormente pasen a ser cuellos de botella o restricciones operacionales para el conjunto. Por ello, las intervenciones sobre las intersecciones tienen un gran potencial de beneficios para la fluidez del tránsito, su eficacia y seguridad.

Las intersecciones a desnivel son procesos de adaptaciones que se construyen para no interrumpir el tráfico actual, motivo por el que resultan muy útiles en la etapa de diseño; sin embargo no son muy comunes debido a sus elevados costos en comparación con las intersecciones a nivel, por eso es importante contar con metodologías que permitan justificar la inversión en términos de seguridad y fluidez para los usuarios.



Fig. 1 Intersección a Desnivel, “Horacio Toro” en Medellín. Tomado de: www.skyscrapercity.com

El objetivo de este artículo de revisión “estado del arte”, es explicar las características que aportan a la capacidad de intersecciones a desnivel, es decir aquellas que están por encima “*overpass*” o por debajo “*underpass*” del nivel de la vía, y lo que se espera con el mismo es abastecer de forma informativa y explicativa, como logran funcionar este tipo de intersecciones y en que se puede beneficiar a los usuarios

Para optimizar la modelación de estas intersecciones, se utiliza el software de simulaciones de tráfico PTV Vissim, ya que permite tanto la comparación de operar con bastantes y diferentes tipos de intersecciones, como el análisis de poder implementar medidas de prioridad al transporte público o determinar el impacto de un plan de semaforización. Este software “PTV Vissim”, es líder mundial en simulaciones microscópicas del tráfico, dado que en solo un modelo realizado puede permitir representar a todos los usuarios que se encuentren en la vía pública y poder estudiar sus interacciones con los autos, con el transporte de carga y con cualquier tipo de transporte público, ya sea ferroviario o convencional.

Por esta razón, estos modelos que se desarrollan permiten proporcionar una simulación aproximada del comportamiento vehicular y los agentes que intervienen en él. Ofrece una gran flexibilidad en múltiples aspectos y permite que los usuarios modelen geometrías de cualquier tipo, por muy complejas que sean.

Las amplias posibilidades de análisis, hacen de Vissim una herramienta muy potente para poder evaluar y planificar la infraestructura vial tanto urbana como inter-urbana. Este software resulta un recurso ideal para presentar propuestas de infraestructura tanto ante los agentes responsables de la toma de decisiones, como a la opinión pública, de forma comprensible y convincente. Desarrolla desde los cruces más sencillos, pasando por las típicas intersecciones semaforizadas, y hasta los esquemas operativos más específicos posibles: con PTV Vissim, se puede representar y analizar cualquier geometría de intersección y cualquier esquema de prioridad y semaforización. [4]

II. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este artículo se realizó la revisión de 26 documentos bibliográficos, 18 en inglés y 8 en español, por medio de la búsqueda en bases de datos como *ScienceDirect*, *Scopus*, *Scielo*, *Engineeringvillage*, que permitieron encontrar documentos con palabras claves como *capacity*, *intersections*, *vissim control traffic*, *overflow*, *vissim traffic*, entre otras. Con el fin de clasificar la información obtenida se organiza una matriz temática que contiene parámetros para analizar los artículos encontrados por medio de elementos como las palabras clave, fecha y lugar de publicación, autores, nombre del artículo, aportes del documento para el artículo de revisión. De esta manera se logra identificar categorías en común sobre el tema intersecciones a desnivel. Las temáticas que se abordan en el artículo son: capacidad de las intersecciones a desnivel nivel, nivel de servicio, tipo de intersección y la movilidad.

III. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

A. Capacidad de las intersecciones a desnivel

La capacidad de una vía se define como el número de vehículos que pueden transitar por la misma, depende directamente del diseño geométrico de la carretera, la topografía del terreno y el comportamiento cultural tanto de conductores como peatones. La disposición de

las intersecciones, en este caso las intersecciones a desnivel son las de mayor capacidad al reducir el número de conflictos de manera directa. El objetivo de las intersecciones a desnivel es separar los flujos en diferentes niveles por medio de vías inferiores o superiores, usando estructuras tales como puentes, túneles, viaductos, rotondas entre otras estructuras que permitan un cruce de vías en los cuales no se interrumpe el flujo directo del tráfico en uno o más caminos [5].

Las condiciones de tráfico alrededor del mundo son muy variables, depende de la economía del país en relación de manejo de recursos por parte de los gobiernos que benefician del desarrollo de la infraestructura vial, junto con el aumento de la oferta de vehículos, la cual se manifiesta disminuyendo la capacidad de vías e intersecciones.

Es conocido actualmente que las intersecciones a desnivel tienen un efecto altamente positivo en la disminución de la congestión en las carreteras urbanas, ya que las mismas están diseñadas para que no interrumpan el tráfico que incide, un ejemplo de ellas es el paso elevado construido en Songkhla, ciudad de Tailandia, donde tomaron como medida de solución a la congestión, la construcción de un paso elevado que dio resultados positivos y aumentó la capacidad de la vía en un 30.4 % ; sin embargo el autor hace relevancia en que los problemas de capacidad no fueron solucionados del todo en el paso elevado debido a que por debajo del mismo la señalización no fue debidamente actualizada luego de haber finalizado la construcción del paso elevado. El artículo finalmente concluyó que el paso elevado para aumentar la capacidad de la intersección tuvo más impactos positivos que negativos tales como ahorro en costos de operación, demoras en tiempo, aumento en la capacidad y por defecto menos congestión vehicular. [6]

De igual manera China ha comprendido que las intersecciones a desnivel van de la mano con su crecimiento poblacional y económico, lo que genera a su vez congestión en las de tipo vehicular y peatonal.

Esto venía dando problemas de seguridad vial en las zonas urbanas, por lo que fueron implementadas intersecciones con pasos elevados para los peatones, disminuyendo así la accidentalidad y los tiempos de viaje. [7]

Junto con un extenso análisis de datos y validación por medio de software de análisis *VISSIM* los dos investigadores chinos establecieron la importancia de análisis de los accesos antes y después de una intersección semaforizada y señalizada y determinaron el impacto a la capacidad que generaban los mismos por medio de un modelo teórico en el cual a partir de los resultados se realiza un análisis de sensibilidad que permite introducir variables en el modelo y de allí sacar las conclusiones definitivas. Para este caso los autores determinaron que los accesos antes de la intersección impactan a la capacidad un 120%, este resultado se ve afectado aún más por los tiempos de semaforización en verde y rojo. Para el impacto de los accesos después de la intersección se notó un menor impacto. [8]

Por otro lado, en India se tienen altos índices de congestión en sus vías. En este país se han hecho pocos estudios referentes a los problemas de movilidad, sin embargo allí se realizó un estudio para estimar la capacidad de una calzada de 4 carriles “Hill” en los Himalaya, donde se tuvieron como principales factores que afectan a la capacidad de la carretera las condiciones atmosféricas y la geometría de la vía. El estudio realizado especifica lo fundamental que es la capacidad para la planificación y operación de carreteras ya que la misma determina el ancho de la calzada y sus carriles respecto a volúmenes de tráfico y composición vehicular. [9]

En la ciudad de Calcuta, India el servicio de autobús no se considera un medio de transporte efectivo debido a su mala calidad y tiempo de viaje, por lo cual el uso de vehículo particular ha aumentado, sumado a la poca infraestructura vial se genera mayor congestión. A través de la simulación realizada en el Software *VISSIM* el estudio realizado presenta un modelo eficiente en el cual se priorice el uso del autobús como medio de transporte y atraiga nuevos usuarios.

Para la simulación se tomaron datos de tres intersecciones (*Exide, Hazra y Rashbehari*) en hora pico, algunos de los datos tomados fueron: duración de ciclo, volúmenes de tráfico, composición del vehículo, movimientos de giro, distancia de frenado, retraso de pasajeros, entre otros. Estos datos fueron ingresados en el Software *VISSIM*, para realizar una modelación del carril exclusivo para los autobuses que permita evitar la congestión vehicular (*queue jump lane –QJL*). Al establecer el QJL se presenta una mayor eficiencia en las intersecciones con altos volúmenes de tráfico, al igual que una mayor eficiencia en la demora de los usuarios, pero se presenta ineficaz con bajos volúmenes de tráfico, lo cual hace que la eficacia del modelo QJL vaya en función al volumen del tráfico y la geometría vial [10].

Factores de diseño geométrico como la pendiente, ancho del carril, velocidad, capa de rodadura junto con los anteriormente ya mencionados como los volúmenes de tráfico y composición vehicular determinan la capacidad de la carretera. Teniendo en cuenta estos factores, en el estudio se realizaron trabajos de micro simulación, donde los autores plantean la manera de determinar la capacidad a través de dos métodos: empíricos directos y empíricos indirectos. Para los métodos empíricos directos basado en las características del flujo y los métodos empíricos indirectos hacen referencia a la utilización de software de modelación, las cuales actualmente son las más utilizadas debido a su dinámica ya que dan la facilidad al diseñador de observar el comportamiento de peatones y vehículos de diferentes características ya sean motos, camiones y demás. [11]

B. Tipos de intersecciones a desnivel

Los pasos a desnivel son construidos para aumentar la capacidad o el nivel de servicio de las intersecciones, generalmente se presentan como un conjunto de ramales que se proyecta para facilitar el paso del tránsito entre unas vías que se cruzan en diferentes niveles. Se tienen en cuenta características como funcionalidad, capacidad, seguridad vial y factibilidad de las vías para evaluar la utilización de intersecciones

a desnivel, en ese sentido y también incluyendo la geometría de las carreteras que se van a conectar se clasifican en diferentes tipos de intersecciones a desnivel [12].

1) Intersecciones tipo T y Y

Las intersecciones tipo T y Y son utilizadas generalmente para conectar una vía transversal a una carretera principal, consisten en tres ramales que permiten que los giros a la derecha y la izquierda sean directos [13] como se evidencia en la Fig. 2.

En Bogotá se realizó un estudio en una intersección en la cual los movimientos existentes no permiten la fluidez de los vehículos que transitan de oriente a occidente y se dirigen hacia el sur de la ciudad obligándolos a realizar un desvío por las vías secundarias del sector para lograr conectar a la vía que lo conduce hacia el sur, de igual manera en la misma intersección los vehículos que transitan del sentido norte-sur deben desviarse a las vías secundarias para lograr dirigirse hacia el oriente de la ciudad. La modelación propuesta la mejora de la infraestructura en esta intersección con el diseño de un cruce en “T” con paso a desnivel, dando así la armonización y flujo continuo en esta intersección [14].

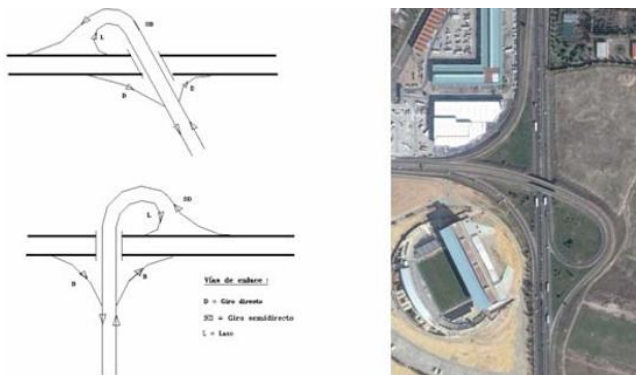


Fig. 2 Intersección de Tipo T y tipo Y [15].

2) Puente elevado

En ciudades grandes es importante que en las entradas y salidas de la misma posean una fluidez vehicular que no generen congestiones. En el caso de Bogotá, una de las vías principales para la entrada y salida es la autopista sur. En una de sus intersecciones se une con una carretera transversal que permite el ingreso a varios barrios, se identifica que el desplazamiento vehicular es lento debido a la cantidad de semáforos, ya que gran cantidad de automotores ingresan y cruzan desde la Autopista Sur generando cuatro cruces, por lo anterior se hizo necesario realizar un diseño geométrico vial que incluya pasos a desnivel en esta zona, por medio de simulación se determinó que la mejor solución es el de un paso a desnivel de tipo puente elevado [16]. Esta solución consiste en una intersección que tiene un puente construido sobre la misma para permitir el libre flujo en dos direcciones generalmente se encuentran en una de la carretera principal para aumentar la capacidad de flujo de tráfico y reducir la congestión vehicular las dos direcciones [17] un ejemplo de este tipo de intersección se ilustra en la Fig.3:.

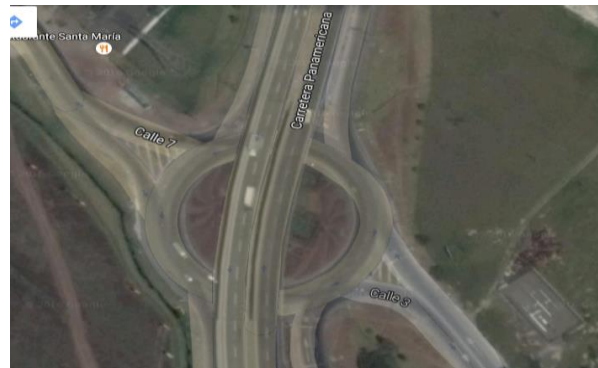


Fig. 3 Intersección de Tipo Puente Elevado. Tomado de: www.wikivia.com

3) Tipo diamante

La intersección a desnivel tipo diamante, se usa tanto en vías urbanas como en vías rurales. Se trata de una intersección de cuatro ramales con condición de parada, en el que todos los giros a la izquierda se resuelven con intersecciones. Este tipo de intersección puede disponer también de estructuras adicionales para

reducir el número de puntos de conflicto de las intersecciones a nivel en la carretera secundaria. Normalmente es preferible que la vía principal ocupe el nivel inferior, con cuya disposición las vías de enlace son más cortas por ser la pendiente favorable para la aceleración y desaceleración de los vehículos que entran y salen [18]. En la Fig. 4 se ilustra la geometría de la intersección tipo diamante.



Fig. 4 Intersección de Tipo Diamante. Tomado de: www.skyscrapercity.com

4) *Intersecciones rotatorias*

Este tipo de diseño es particularmente usado donde un número de caminos se conectan donde el espacio es lo suficientemente grande para construirla. Esta requiere la construcción de dos puentes. El camino principal va por encima o por debajo de la intersección rotatoria y los cambios de movimientos son acomodados por una rampa diagonal. La capacidad de una intersección rotatoria es similar a la de una intersección rotatoria a nivel [19].

En la rotonda a desnivel la capacidad depende del diseño de la misma, en ocasiones la misma geometría provoca que los vehículos tengan que bajar la velocidad complicando la movilidad en el cruce de la misma, pero las rotondas siguen siendo muy efectivas en el momento de generar la distribución de vehículos en determinado punto [20].



Fig. 5 Intersección de Tipo Rotatoria. Tomado de: www.eltiempo.com

C. Nivel de servicio

El nivel de servicio de cualquier intersección en una vía, tiene un efecto importante sobre su desempeño general operativo. Los factores que afectan el nivel de servicio en las intersecciones, tienen en cuenta el flujo y la distribución del tránsito, las características geométricas y el sistema de señalización. Una diferencia importante al considerar el nivel de servicio en los segmentos de una vía principal y, el nivel de servicio en las intersecciones, es que en el primero caso solamente se usan los flujos de travesía, mientras que en el segundo, se usan los flujos de las maniobras de giro importantes [21].

La creciente utilización del vehículo particular a llegado a niveles críticos que generan congestión en la red vial, la solución a los problemas de tráfico en las zonas urbanas requiere una comprensión detallada de las relaciones entre el espacio, el tiempo y la conducta humana, los pasos desnivel son contruidos para mejorar el nivel de servicio en intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad insuficientes [13].

De igual manera se entiende que es una medida cualitativa en la que descubre las condiciones de operación de un flujo de vehículos, estos se describen en términos de factores de velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones a la circulación, las conveniencias y la seguridad vial [13].

En los niveles de servicio existen varios tipos: A, B, C, D, E, y F, ellos representan el flujo que se encuentra en la intersección, ya sea libre, estable, o denso, en el cual se puede representar si hay libertad para conducir, con las velocidades deseadas, y tener una buena facilidad para poder maniobrar dentro de la corriente vehicular sobre la intersección, obteniendo una comodidad notable. Para el análisis a nivel de diseño se requieren más datos para una estimación directa del nivel de servicio que se quiere dar [22].

El nivel de servicio de la intersección en Bogotá en la carrera 53 b bis con avenida NQS en su totalidad, presenta niveles de servicio A, B, C, D, sin embargo en una de las calzadas se puede observar que su nivel de servicio ya es F que será el máximo de los niveles es decir que para el futuro esta condición empeorara al incrementar por razones de crecimiento poblacional naturalmente. Los carriles presentan un uso entre 0.94 y 0.95 del factor de utilización es decir que el carril está siendo utilizado en casi su totalidad, debido al volumen que existe en la intersección. Se modela una solución, con el nuevo diseño presente en la red, no se evalúan niveles de servicio debido que se generan son enlaces por lo tanto las condiciones de accesos y salidas de la vía que están determinados por la señalización presente en la intersección. [14]

Generalmente en los estudios con los datos tomados en campo se identifica que el problema de la intersección, en el caso del estudio en Bogotá la intersección requiere tres semáforos en distintos sentidos que interrumpen el flujo continuo de automóviles. El diseño y construcción de los pasos a desnivel en las conectantes resolvería el conflicto vial que se presenta en este punto de la ciudad, ya que habría flujo ininterrumpido disminuyendo el volumen de tránsito mejorando el nivel de servicio [16].

Para la modelación en VISSIM es indispensable realizar un análisis de planeación para dimensionar la intersección o para determinar la suficiencia de la capacidad de la intersección para fines de planeación.

La evaluación de los niveles de servicio del el punto de modelación dan criterios acerca de la intersección con respecto a su funcionamiento y esto a su vez se relaciona con la capacidad que va a soportar [23].

D. Movilidad

La movilidad se refleja en la capacidad, con respecto al movimiento en un espacio geográfico y social, se convierte en uno de los factores importantes para el transporte y la planeación de las intersecciones, dado que también permite conocer las variables como los niveles económicos-sociales, el espacio geográfico, en distribuciones temporales, [22] para permitir obtener buenos resultados y lograr satisfacer las necesidades de los usuarios que circulen por la intersección.

Para lograr una modelación aproximada para lo que se requiere desde el punto de vista de la movilidad, es necesario tener en cuenta a los peatones, los vehículos privados, el transporte público y la circulación en bicicleta, debido a que estos factores afectan directamente la movilidad en las vías y por supuesto en las intersecciones [24].

Dichas medidas se basaron en un supuesto de estabilidad de condiciones en las que sólo era necesario limitar o incrementar un recurso para restaurar la movilidad. Se contemplan igualmente requisitos de accesibilidad ya que permite que el espacio público se aproveche al máximo y les brinde movilidad a todos los usuarios de esta intersección, creando así ciudades sostenibles, pues en muchos casos cuando se quiere mejorar la movilidad en una región, se olvida que la movilidad no es solo vehicular, sino que involucra todo un conjunto en el que participan peatones, ciclistas, entre otros [25].

Las condiciones de movilidad actuales evidencian la ardua necesidad de realizar obras de infraestructura y la implementación de medidas de movilidad sostenible, a través de VISSIM, realizando soluciones a problemas que pueden presentarse en las intersecciones a desnivel, y puedan permitir a todos los

habitantes de la ciudad, que a su vez son transeúntes de la misma, tener mayor calidad de vida, mediante la disminución de tiempo de desplazamiento y un mejor servicio [7].

En Tailandia para reducir la congestión del tráfico en una intersección a nivel para dar flujo en dos direcciones se realiza la construcción de un puente elevado. El paso elevado facilita el flujo de tráfico en las direcciones del puente mejorando la movilidad. Con el puente el tiempo de espera se redujo en un 30% durante el mismo período cuando no estaba el puente [26].

La malla vial de Bogotá es inestable para el desplazamiento de los vehículos que transitan por la ciudad, provocando que la movilidad sea más difícil, insegura e ineficaz ocasionando tiempos de trayecto más largos y vías más congestionadas. Principalmente en las intersecciones semaforizadas se presenta congestión vehicular regularmente en las horas pico. Debido a esto, los investigadores realizaron una propuesta de un diseño geométrico vial de pasos a desnivel que permita el paso continuo, seguro y eficaz de vehículos, mejorando los cruces que se generan [16].

IV. CONCLUSIONES

- Las intersecciones a desnivel dan una solución efectiva a la movilidad en puntos críticos, países en potencia mundial como China actualmente optan por este tipo de estructuras viales que no sólo aumentan la capacidad de las vías, de igual manera disminuyen los índices de accidentalidad ya que otorgan mayor interacción entre peatón y conductor.
- Según la bibliografía consultada, la funcionalidad de las intersecciones depende de una buena planeación del transporte ya que se deben identificar todo tipo de variables tales como, diseño geométrico, accesos antes y después de las mismas, señalización vial, estudios de tránsito y seguridad vial,

semaforización, software de análisis que permita visualizar el comportamiento de peatones y vehículos y posteriormente concluir si la intersección cumple con los requerimientos.

- *Vissim* como herramienta para simulación de tráfico en intersecciones a desnivel "*overpass-underpass*", permite introducir y comprender las diferentes variables que inciden en el comportamiento de una intersección, además permite obtener ventajas al pensar a futuro ya que por medio de la simulación se pueden percibir visualmente los conflictos que pueden surgir en la intersección, permitiendo así pensar de manera crítica y dinámica para dar soluciones que aumenten el nivel de servicio de las mismas.
- Las limitaciones que se evidencian en cuanto a las intersecciones a desnivel son: los altos costos en la ejecución, el espacio requerido para su desarrollo es considerable con respecto a una intersección a nivel, estas limitantes causan que muchas veces las intersecciones a nivel sean modeladas, estudiadas pero no se ejecuten.

REFERENCIAS

- [1] H. F. L. S. H. Xiaoxia Wang, «Study on road section environmental traffic capacity model and algorithm under double constraints,» *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 48, pp. 14-19, 2015.
- [2] D. Salgadoa, D. Jolovich, P. T. Martinc y R. M. Aldretd, «Traffic Microsimulation Models Assessment – A Case Study of,» *Science Direct*, p. 442, 2016.

- [3] A. Bull, «Congestión de tránsito el problema y como enfrentarlo,» Santiago de Chile, 2003, p. 23.
- [4] P. GROUP, «PTV VISSIM CURSO BASICO,» PTV, 2015.
- [5] F. M. Q. Bermudez, «PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA JUSTIFICACIÓN DE INTERSECCIONES A DESNIVEL,» Universidad Autónoma de Querétaro , Querétaro , 2014.
- [6] A. SALA, «ASSESSMENT OF TRAFFIC FLOW BENEFITS OF FLYOVERS: A CASE STUDY,» *Journal of Society for Transportation and Traffic Studies* , vol. 4, nº 3, p. 9, 2014.
- [7] Z. Y. y. Y. Jiang, «Discussion on Downtown Area Overpass Pedestrian System,» *International Journal of Information and Computer Scienc*, p. 5, 2012.
- [8] P. X. Z. Jing Zhao, «Capacity Estimation Model for Signalized Intersections under the Impact of Access Point,» *journal pone*, p. 7, 2016.
- [9] A. M. Chandra, «Highway capacity through vissim calibrated for mixed traffic conditions,» *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 18, nº 2, p. 639–645, 2014.
- [10] B. Maitra¹, K. Bhattacharyya, R. Jose y M. Boltze, «Micro-simulation based evaluation of Queue Jump Lane at isolated urban intersections: an experience in Kolkata,» *Journal of Transport*, vol. 9, nº 3, 2015.
- [11] S. Pahuja, «Capacity Estimation of 4-lane divided Inter Urban Hill Road Using Videography Technique.,» p. 8, 2014.
- [12] F. M. Q. Bermudez, «PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA JUSTIFICACIÓN DE INTERSECCIONES A DESNIVEL,» Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ingeniería, Querétaro, 2014.
- [13] D. L. M. CASTAÑEDA, «ESTADO DEL ARTE EN EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS INTERSECCIONES VIALES TIPO DIAMANTE,» UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, Santander, 2010.
- [14] «DISEÑO DE UNA INTERSECCIÓN EN “T” A DESNIVEL UBICADA EN LA CALLE 53 B-Bis CON AVENIDA NQS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.»
- [15] D. L. M. CASTAÑEDA, «ESTADO DEL ARTE EN EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS INTERSECCIONES VIALES TIPO DIAMANTE.,» UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER , SANTANDER, 2010.
- [16] «DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL CON PASOS A DESNIVEL DE LA INTERSECCIÓN AUTOPISTA SUR CARRERA 63 BOGOTÁ COLOMBIA.»
- [17] P. T. N. Salatoom, «A Study of a Flyover-Bridge - Improved Intersection,» *ENGINEERING JOURNAL*, vol. 19, nº 2015.19.1.1, 2015.
- [18] C. D. a. P. C, «Design and operation of diamond,» Texas A&M University, texas, 1993.
- [19] X. Z. X. S. W. Chenga, «Research on Capacity Model for Large Signalized Roundabouts,» Elsevier Ltd, 2016.
- [20] X. Zhub, «Research on Capacity Model for Large Signalized Roundabouts,» *Elsevier Ltd*, 2016.
- [21] L. M. J. Herrero, «Transport and mobility, keys for the sustainability,» *Lichnos*, 2011.

- [22] J. G. quintero, «The Problem of the Urban Mobility And his Compression From the Evolutionary point of view,» 2005.
- [23] M. A. O. POSSÚ, «ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL CALI-JAMUNDÍ,» UNIVERSIDAD DEL VALLE , SANTIAGO DE CALI, 2014.
- [24] W. E. Fernández, «Elementos de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas,» PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, lima, 2011.
- [25] D. Salgado, «Traffic Microsimulation Models Assessment – A Case Study of International Land Port of Entry,» *The 7th International Conference on Ambient Systems,*, vol. 83, p. 441–448, 2016.
- [26] H. Yai, «A Study of a Flyover-Bridge - Improved Intersection,» *engineering journal*, 2001.