

## COMUNICACIÓN

**USO DE TECNOLOGÍA DE DRONES PARA EL  
RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL  
TRÁNSITO****DE CANDIA, Carlos; KOPACZ, Evelyn; RAGGIO, Nicolás**[cardecan@yahoo.com.ar](mailto:cardecan@yahoo.com.ar) ; [eveliin.kopacz@hotmail.com](mailto:eveliin.kopacz@hotmail.com) ;[raggion@gmail.com](mailto:raggion@gmail.com)Centro de Estudios del Transporte del Área Metropolitana (CETAM),  
Instituto Superior de Urbanismo (ISU), FADU, UBA*Resumen*

*El crecimiento del parque vehicular, la expansión de las redes viales y la actual gestión de la movilidad en áreas metropolitanas requiere de nuevas miradas del sector del transporte hacia novedosas tecnologías de percepción remota y búsqueda de metodologías de recolección de datos precisos, fiables y oportunos.*

*En este contexto el CETAM viene planteando la introducción de nuevos paradigmas de percepción remota aérea que permitan ofrecer soluciones para la mejora y optimización del actual sistema de movilidad frente a los desafíos y estado de criticidad que el sector enfrenta en las áreas metropolitanas.*

*Durante la última década la industria de vehículos aéreos no tripulados o UAV's o simplemente "drones" han crecido vertiginosamente imponiéndose en el mercado aeroespacial mundial como un eficiente tecnología capaz de proporcionarnos información en tiempo real a partir de su visión "bird eye".*

*La tecnología de drones está siendo aprovechada por diferentes organismos y entidades del transporte vial a escala mundial en las etapas de planeamiento, inspección, seguridad, control, construcción, gestión y mantenimiento, por medio de investigaciones que han arrojado resultados prometedores en lo que respecta a su potencial y exploración de posibilidades frente a otras técnicas y metodologías actualmente en uso.*

## UNIDAD | PLANEAMIENTO URBANO Y REGIONAL

*Cabe destacar que la sofisticación de sensores cada vez más livianos, los avances en instrumentales de aviónica y robótica, sumado a ello a la complementariedad e integración con diversas herramientas como el SIG (Sistemas de información geográfica), Sistemas de posicionamiento satelital (GPS), telefonía celular, internet, informática y Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS), abre interesantes oportunidades para la profundización de aplicaciones al transporte y la movilidad.*

*A partir de la tecnología de drones y recurriendo a software comercial para automatización de parámetros y elementos estructurales del tránsito, esta ponencia se centrará en presentar un novedoso enfoque metodológico que tendrá por finalidad realizar una aproximación de evaluación comparativa y adaptación con las técnicas de sensoramiento vial de uso en la actualidad.*

*Palabras clave: movilidad, parámetros del tránsito, tecnologías de drones, transporte, sensores remotos.*

## Introducción

El objeto de esta ponencia consiste en mostrar los beneficios y factibilidad del uso de drones para el estudio del tránsito desde el espacio aéreo, su potencial de aplicación en tiempo real y una base metodológica para las tareas de interpretación y medición de algunos parámetros característicos o variables del tránsito con la ayuda de un software.

El trabajo investigativo, se relacionan con el proyecto UBACyT 20020130100399BA “Nuevas metodologías para análisis de corredores metropolitanos: aplicación de la tecnología satelital a la gestión de la movilidad urbana y del ordenamiento territorial. FASE II”, que continúa explorando posibilidades de percepción remota desde el espacio aéreo, evaluando su aprovechamiento en sectores característicos de redes y corredores viales metropolitanos.

A su vez, los resultados obtenidos hasta la fecha por el UBACyT A-028, el UBACyT A-035, el Convenio FADU/UBA y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), Proyecto “METUR” para la revisión del Ciclo V del Plan Espacial Nacional 2004-2015 y el UBACyT 20020100100967BA, destacaron los progresos, ventajas y desventajas de la conveniencia de la tecnología satelital como alternativa para su utilización en diversos campos de aplicación como en catastros urbanos, evaluación de impacto ambiental, asistencia al diseños territoriales y planificación de obras de infraestructura, entre otros.

En base a estos antecedentes, y con el devenir de la tecnología de drones, se pudo concluir que la observación de los fenómenos urbanos y del transporte a través de imágenes satelitales resultó ser muy acotada debido, entre otros aspectos, a la poca

## UNIDAD | PLANEAMIENTO URBANO Y REGIONAL

definición en su resolución espacial, presencia de nubes, costos altos de adquisición de imágenes, varios días del paso del satélite por un mismo lugar de estudio (resolución temporal).

Comparativa entre tecnologías espaciales	
Satélites/ Aeronaves	Drones
Productos c/ altísimos costos adquisición	Imágenes y videos Bajo costo (adquisición y operativos)
Alta resolución espacial (50 cm < pixel < 1 m)	Altísima resolución espacial (pixel < de 10 cm)
Espera días de imágenes en mismo sitio	Disponibilidad inmediata de imágenes e información en tiempo real en mismo sitio
Programación estricta misiones/vuelos	Flexibilidad vuelo por el usuario
Reconocida tecnología	Tecnología emergente en crecimiento
Alta dependencia de clima (nubes por ej.) y revisita	Muy baja restricción por clima (lluvia, viento)
Altitud 650 km aprox.(satélites)	Altitud 50-500 m (s/ restricción espacio aéreo)

Cuadro 2. Tabla comparativa de tecnologías espaciales

Así, al abordar diversas aplicaciones, estudios y eventuales desarrollos en el transporte resulta primordial explorar tecnologías basadas en drones que posibiliten obtener una mejora significativa de las dos resoluciones citadas. De ambas, la resolución espacial<sup>1</sup> es quizá la más relevante y efectiva dado que habilita perfeccionar el estudio de los fenómenos urbanos y de ciertas características del transporte, análisis de tendencias de crecimiento, densificación de áreas, comprensión de estructuras morfológicas y de tejido urbano, las cuales habilitan nuevas lecturas de los espacios públicos, sus infraestructuras y, en general, todo uso del suelo urbano.

Una demostración de lo antedicho puede apreciarse en el siguiente cuadro el cual resume la evolución y la capacidad de discernimiento de elementos en función de la resolución:

1-Se entiende por Resolución Espacial, a la dimensión de cada pixel presente en una imagen. Dicho de otro modo, la resolución espacial es un parámetro de la calidad de detalle que aporta una imagen. Por ejemplo, si el sensor del dron a una altura determinada nos brinda una resolución espacial de 0.10m, ello significa que en la imagen podremos apreciar objetos que miden 10 cm de lado.

## UNIDAD | PLANEAMIENTO URBANO Y REGIONAL

Resolución Espacial	Posibilidades de observación / interpretación aérea
10 m.	Permite detectar en parte los grandes edificios, pero no detectar vehículos
5 m.	Permite reconocer pero no identificar los edificios ni detectar los vehículos
2.5 m.	Permite en parte identificar los edificios y detectar los vehículos, pero no definirlos
1 m.	Permite identificar los edificios, reconocer los vehículos pero no definirlos
50 cm.	Permite identificar parcialmente forma de los vehículos
25 cm.	Permite identificar los vehículos con aceptable nitidez y precisión
> 10 cm.	Permite describir, clasificar y medir vehículos con óptima nitidez y precisión

Cuadro 1. Posibilidades de observación según resolución espacial

## Estado de la tecnología espacial en el tránsito y transporte

Las demandas del transporte en las áreas metropolitanas y en particular del Area Metropolitana de Buenos Aires, han tenido en estas últimas décadas un crecimiento sostenible. Ello se viene reflejando en un incremento de los índices de la motorización, aumento de los viajes, altos niveles de congestión, expansión de redes viales, impactos ambientales no deseables, que dan como resultado una problemática todavía pendiente de resolver en el ámbito del Transporte y la movilidad.

Los organismos viales y los municipios de a poco van introduciendo en sus modelos de gestión cambios de paradigma con miradas hacia nuevas tecnologías que posibiliten el abordaje de conocimientos sobre sus potencialidades como así también de las expectativas de variantes a las actuales metodologías de recolección de datos e información del estado del tránsito y la infraestructura vial.

La vasta extensión de nuestro país y su compleja red vial, limita a los organismos administradores de las redes viales, en el afán de brindar una cobertura territorial óptima, a realizar una planificación racional de su presupuesto para equipamiento, recursos humanos y mantenimiento para las campañas de relevamiento y actualización de los datos estadísticos del tránsito.

En el plano tecnológico, los usuarios del transporte en sus vidas cotidianas, sus vínculos sociales, culturales y económicos están inmersos en los flujos de información y las redes de comunicaciones cada vez más cercanos al tiempo real. La sociedad digital cumple un rol clave pues busca acercar y facilitar el acceso a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) a los usuarios eliminando las barreras espaciales y temporales.

Cabe destacar que la sofisticación de sensores cada vez más ligeros, los avances en instrumentales de aviónica y robótica, sumado a ello a la complementariedad e integración con diversas herramientas como el SIG (sistemas de información geográfica), Sistemas de posicionamiento satelital (GPS), telefonía celular, internet, informática y Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS), abre interesantes oportunidades para la exploración de aplicaciones al transporte y la movilidad.

UNIDAD | PLANEAMIENTO URBANO Y REGIONAL

Como contrapartida, los drones se presentan como alternativa tecnológica que puede sobrevolar lugares de difícil acceso brindando imágenes y videos de muy alta resolución confiriéndole a esta emergente tecnología un carácter de “no intrusiva” ya que pueden recolectar información precisa y en tiempo real sin interferir con la infraestructura en tierra. Además puede fusionarse con las metodologías tradicionales, herramientas basadas en GIS, complementarlas o bien apoyarse de la captura de datos en campo como herramienta de validación y técnicas de georreferenciación con el uso de los GPS.

Con el avance en la mejora de la resolución espacial, la distinción e identificación de vehículos desde el aire se puede apreciar elementos de una imagen con suficiente claridad y alto nivel de detalle.

En el plano vial, a partir de caracterización de los vehículos y la clasificación de vehículos en particulares, buses, cargas podemos estudiar y analizar algunos patrones de comportamiento del tránsito en determinadas horas del día, preferentemente en horas pico.

Estas técnicas tradicionalmente utilizadas por los organismos y entidades del sector vial para recolección de información y gestión del tránsito se suelen diferenciar en dos categorías: i) los métodos intrusivos (por ej., bucles inductivos embebidos en pavimento, tubos/mangueras, etc), y ii) los métodos no intrusivos, que normalmente se ubican montados en estructuras elevadas (por ej. Cámaras, radares). Esta tecnología tiene la particularidad que no toma contacto con la infraestructura y requiere de escasos o ninguna tarea de personal en campo para la recolección de la información, aspecto conceptual en la percepción remota desde drones.

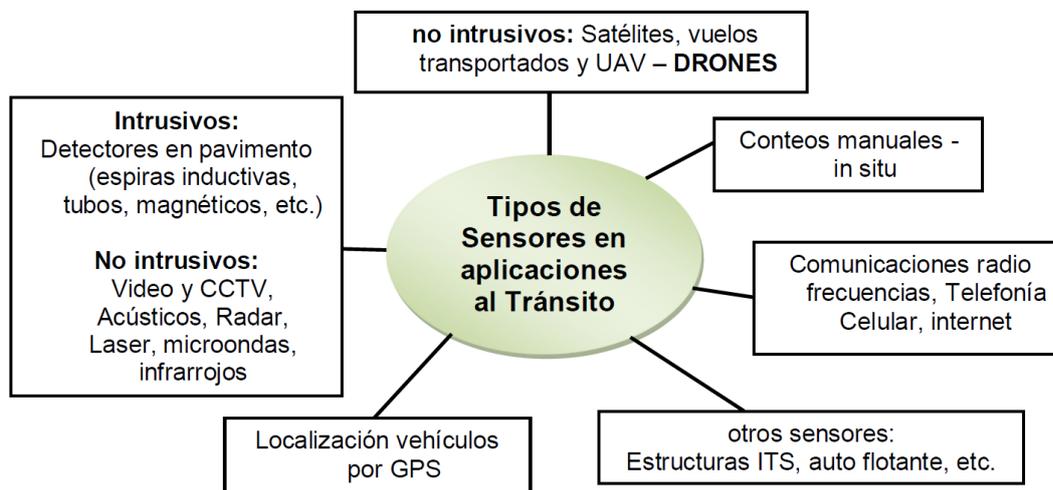


Grafico 1. Sensores de uso actual en el tránsito y vialidad

El uso tradicional de estos sensores para la obtención periódica de parámetros del tránsito se efectúa mediante conteos de acuerdo a campañas de censos permanentes (todo el año) y de cobertura (24-48 hs).

## UNIDAD | PLANEAMIENTO URBANO Y REGIONAL

Si bien el relevamiento de esta información es estrictamente necesaria, no resulta suficiente si se tiene en cuenta su limitada cobertura geográfica, requerimientos de cantidad de sensores fijos a instalar, recursos humanos para inspección y monitoreo, y altos costos de implementación y mantenimiento.

Asimismo, estas técnicas tienen la desventaja que no aportan conocimientos sobre el aspectos dinámicos de los parámetros del tránsito, la predilección y comportamiento de los usuarios, variaciones en los flujos vehiculares y aspectos críticos como los tiempos de respuesta inmediata en caso de incidentes y emergencias en la operación de la red vial,

De aquí que la propuesta del CETAM tiene por objeto mostrar que la alternativa de tecnologías de drones de bajo costo puede ser provechosa como una alternativa de relevamiento y análisis de información más precisa e integradora del tránsito en tiempo real y desarrollo de aplicaciones frente a las metodologías vigentes.

Para una mejor comprensión de las tareas a realizarse en lugares seleccionados, el CETAM, partiendo de investigaciones previas, conceptualizó la caracterización de infraestructuras viales y medición del tránsito distinguiendo en parámetros o variables Estáticas y dinámicas.

Las variables estáticas las entendemos como la información fija de los elementos urbanos y del transporte observables o medibles por medio de imágenes y capturas de videos.

En tanto las variables dinámicas pueden considerarse aquéllas que guardan estrecha relación con las técnicas de medición y parámetros característicos de la ingeniería del tránsito en función del tiempo, necesarias en la planificación de la movilidad y los análisis de los fenómenos de la circulación vial en entornos urbanos, corredores y sectores suburbanos y rurales.

De todos ellos se pretende, con la ayuda de imágenes y videos desde los drones, analizar la factibilidad de observación y análisis de los siguientes elementos y variables más significativas:

**Parámetros estáticos:** Identificación de elementos individuales tales como vehículos, árboles, trenes y vías ferroviarias, edificios y viviendas. Elementos espaciales como terminales de transporte, centros y nodos logísticos, centros industriales, comerciales y culturales, corredores viales, aeropuertos, terminales e instalaciones portuarias, playas de estacionamiento.

**Parámetros Dinámicos:** Flujo vehicular, Conteos, Densidad vehicular, ocupación calzadas, Capacidad vial (Niveles de Servicio), Congestión, tiempos viaje, interrupciones, longitud de colas, velocidades absolutas y medias de recorrido, trayectoria y seguimiento de vehículos, Gestión y Monitoreo en tiempo real, Análisis en Intersecciones y giros, semaforización, incidentes y seguridad vial, comportamientos usuarios, Demanda y estudios trayectorias y Orígenes- Destino (OD).

En base a demostrar conveniencia del uso de drones como una alternativa tecnológica de gran potencial para el tratamiento de estos parámetros, el CETAM cuenta con el siguiente equipamiento y sus especificaciones más relevantes:

UNIDAD | PLANEAMIENTO URBANO Y REGIONAL

Especificaciones técnicas drones CETAM	DJI Phantom 3	DJI Mavic Pro
Imagen		
Autonomía vuelo	25 minutos	30 minutos
Dimensiones	46 x 33 x 46 cm	8.3 x 8.3 x 19.8 cm
Alcance	2000 metros	7000 metros
Peso	1280 gramos	734 gramos
GPS	Si	Si
Resolución cámara	4096 x 2160 píxeles	4000 x 3000 píxeles
Aplicaciones celular	DJI GO – before P4	DJI GO – since P4

Cuadro 3. Características del equipamiento utilizado. Elaboración propia CETAM

### Propuesta metodológica

Se propone describir una propuesta o esquema metodológico necesario para estructurar la investigación de recolección y análisis de diversos elementos de infraestructura del transporte y parámetros característicos del tránsito.

El gráfico a continuación sintetiza la metodología las posibles etapas:

## UNIDAD | PLANEAMIENTO URBANO Y REGIONAL

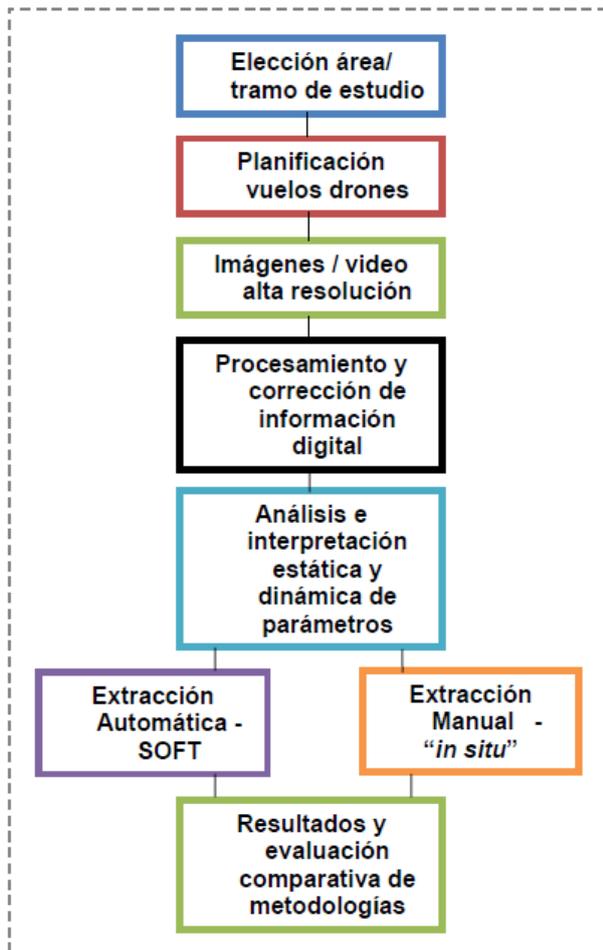


Grafico 2. Esquema metodológico propuesto. Elaboración propia CETAM

Para llevar a cabo las tareas experimentales, se evaluarán y se seleccionará una muestra de sectores característicos de la red vial para realizar estudios y comportamiento de algunas variables de tránsito y caracterización de la infraestructura y transporte urbano mediante imágenes y videos capturados desde el espacio aéreo con drones.

Se focalizarán las tareas en el estudio y comportamiento de variables y la identificación de algunas problemáticas y complejidad de movilidad, tránsito y transporte público actuales en la ciudad.

En el aspecto operacional, los sitios se seleccionan de acuerdo a las posibilidades de altura del vuelo según las condiciones de libre restricción y ocupación del espacio aéreo regulado. A su vez, se contemplarán vuelos en horas pico de días representativos de la semana en óptimas condiciones meteorológicas, horario diurno y con disponibilidad de señal del GPS.

Idealmente, para una observación en detalle de los fenómenos estáticos y dinámicos en las áreas de interés seleccionadas, se diseñan vuelos y rutas para la toma de imágenes y capturas de video con autonomía de hasta 25 minutos del drone a una

## UNIDAD | PLANEAMIENTO URBANO Y REGIONAL

altitud tal que posibilite contener un campo de visión y cobertura apropiada a la resolución espacial máxima.

La metodología de trabajo requiere apoyarse por medio de tareas de conteos y clasificación vehicular en forma manual, y en simultáneo al vuelo de drone, para la posterior comprobación y validación de la información.

Finalizado el vuelo, se procesa y se analiza la información aérea obtenida aplicando todas las técnicas de estabilización, georreferenciación y correcciones necesarias para lograr una óptima calibración de la imagen o video, cumplimentando de este modo con los requisitos del software que se opte.

De todas las potencialidades de observación mencionadas en el Cuadro 1, se hará un análisis preliminar, en determinado día y hora, de parámetros como ser variaciones del tránsito, conteo y clasificación de vehículos según tipología, volúmenes vehiculares en tiempo real, velocidades, posibles incidentes de seguridad vial, monitoreo y comportamiento de flujos vehiculares y fenómenos de congestiónamiento.

Posteriormente, la información es analizada con la ayuda de un software comercial capaz de analizar y extraer automáticamente estos parámetros de tránsito representativos.

El software está dotado de una interfaz que utiliza visión e inteligencia artificial, y con técnicas avanzadas de procesamiento de video de acuerdo a los requerimientos técnicos para su automatización y configuración deseable al entorno en estudio.

Una vez logradas las corridas del software, se podrán comparar con la información obtenida en conteos manuales, con el propósito de verificar sus resultados e identificar los márgenes de errores para demostrar su precisión y confiabilidad.

## Conclusiones

Los drones o UAV's son el fruto de tecnologías emergentes que vienen demostrando un notable potencial para la aplicaciones en el ámbito civil y comercial.

Por un lado, los avances científicos de innovaciones en robótica y aviónica, la miniaturización de instrumentales electrónicos, como así también los logros en software y hardware para automatización de procedimientos, han acortado la distancia existente entre la esta tecnología y las aplicaciones, poniendo al alcance de los usuarios del Transporte las potencialidades de sus usos y beneficios civiles.

Por otro lado, las cámaras de video de muy alta resolución espacial en drones, están demostrando que ofrecen un espectro de posibilidades por facilitar el abordaje de los problemas de la movilidad y conflictividad del tránsito en las áreas metropolitanas y regionales, puede arrojar resultados promisorios en las investigaciones que lleve adelante el CETAM en materia de transporte. Y en el sector vial, las investigaciones, si bien incipientes, reflejan claras ventajas en relación con la metodología de obtención de datos a partir de metodologías tradicionales por parte de las administraciones viales y del tránsito y transporte urbano.

## UNIDAD | PLANEAMIENTO URBANO Y REGIONAL

Además la posibilidad concreta de cobertura de áreas grandes sobrevolando a velocidad igual o mayor que los vehículos de superficie, le añade a esta tecnología una dimensión de confiabilidad para la comprensión de la dinámica sustentable urbana, mejora de la calidad de vida a los usuarios y protección del medio ambiente.

Este aporte a las XXXII Jornadas de Investigación XIV Encuentro Regional, posibilita al CETAM continuar con los trabajos de investigación y búsqueda de opciones tecnológicas de percepción remota y a la vez, contribuir a reforzar su visión y comprensión de los aspectos de la movilidad metropolitana, la planificación de infraestructuras y la toma de decisiones en la gestión del tránsito

Como contrapartida, las aplicaciones civiles de los UAV's siguen estando restringidas fundamentalmente por la falta de normativa regulatoria y sin alternativas de lograr integrar un UAV al espacio aéreo no segregado. En tanto que la industria de la tecnología aérea no tripulada crece día a día con desarrollos e innovaciones tecnológicas, no se vislumbra, al menos en lo inmediato, de una solución de fondo para la participación de los drones en el tráfico aéreo nacional.

## Bibliografía

Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC). Reglamento Provisional de los Vehículos Aéreos No Tripulados. Buenos Aires, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, Presidencia de la Nación, Boletín Oficial del 15-jul-2015, Número: 33171, p.13.

BARGNA, A; Orduna, M.B. y otros. El Impacto de los flujos metropolitanos de transporte sobre el Área Central de Buenos Aires. Buenos Aires, Ediciones CETAM (FADU-UBA), 2008

BLOCH, R.; De Candia C. y Otros. Transporte y Tecnología Espacial. Buenos Aires, CETAM, 2004

CAL Y MAYOR, Rafael. Ingeniería de Tránsito. Editorial Alfaomega, 1994.

DE CANDIA, C. y otros. El Corredor Norte de Buenos Aires. Buenos Aires, CETAM (FADU-UBA), 2011.

ORDUNA M.B.; De Candia C. y Velazquez M.A. "Nuevas tecnologías aplicadas a la observación de la movilidad: el uso de UAV's (Unmanned Aerial Vehicles)", ponencia CLATPU 2014 Rosario. Transporte sustentable. El desafío del siglo XXI. Subtema: 3. Innovaciones y desarrollos tecnológicos aplicados al transporte. Rosario, CLATPU, 2014.

ORDUNA M.B., Vidal Koppmann, S.y otros. Aplicación de Tecnología satelital y Remota a la Gestión de la Movilidad Urbana para el Análisis de Corredores Metropolitanos, ponencia XXXI Jornadas de Investigación y el XIII Encuentro Regional SI+Desnaturalizar y Reconstruir, (FADU-UBA). Buenos Aires, 2017.

Transportation Research Board. HCM 2010: Manual de Capacidad de Caminos; TRB, Washington, DC, USA, 2010.