



10 años  
CEDEUS



# Análisis y Recomendaciones para el uso de Drones (UAV) en Estudios de Movilidad

*S. Steiniger\*, J.C. Herrera, S. Gonzáles, R. Mora &  
J.C. Muñoz*



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO

*\*[stefan.steiniger@pucv.cl](mailto:stefan.steiniger@pucv.cl)*

CChIT 2023, Valparaíso (CL), 24.Oct.2023

¿Por qué esta presentación y paper?  
En 2016, y luego en 2018,...

# Dron - UAV - RPAS

¿Qué es un "dron" o "UAV"?

- Vehículo **aéreo**, **no tripulado**
- Inglés: "*Unmanned aerial vehicle*" - UAV
- En la norma chilena: "RPA(S) : *Remotely Piloted Aircraft (System)*" => **control remoto**
- Tiene **piloto** - no se mueve autónomo
- Usos civiles: aerofotografía, agri- & silvi-cultura, seguridad



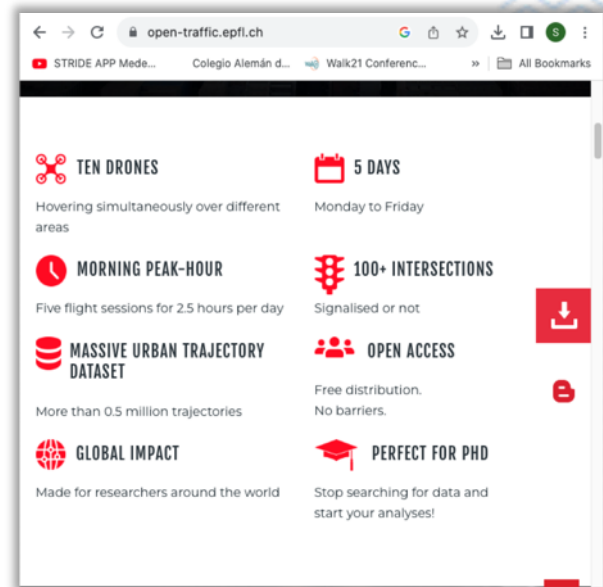
Category name	Mass [kg]	Range [km]	Flight Altitude [m]	Endurance [hours]
Micro	< 5	< 10	250	1
Mini	<25/30/ 150	< 10	150/250/ 300	< 2
Close Range	25 -150	10 - 30	3000	2 - 4
Medium Range	50 -250	30 - 70	3000	3 - 6
High Alt. Long Endurance	> 250	> 70	> 3000	> 6

Categorías de UAVs según Eisenbeiss (2004)

Diferentes UAVs: Hegi 1979, vs. Yamaha 2002, vs. DJI Mavic 3 2023  
Fuentes: Eisenbeiss 2004, DJI 2023

## Uso de Drones (UAV) en Transporte & Logística

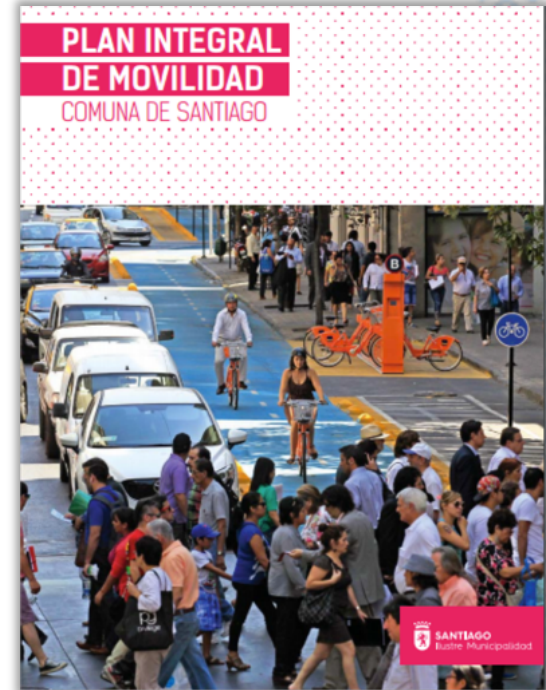
- Principalmente **usos experimentales** – y no operativos:
  - Entrega de productos (?)
  - Inspección de obras (puentes)
  - Monitoreo de tráfico
  - Levantamiento de datos en accidentes (operativo)
- Trabajos sobre el uso de UAV en el monitoreo de tráfico **desde aprox. 2000+** (Puri 2005).
- Serie de publicaciones de E.N. **Barmounakis** (2016 - 2023) sobre monitoreo y obtención de parámetros de tráfico.
- Experimentos **actuales** interesantes : uso de **múltiples UAV** para obtener un “snapshot” del tráfico actual, incluso rastreo de vehículos individuales (pNEUMA).



*Experimento pNEUMA y sus datos (EPFL, Suiza).*

### *Plan Integral de Movilidad – Comuna Santiago*

- Durante el año **2014**, se crea el **Plan Integral de Movilidad (PIM) de la Comuna de Santiago**,
- En 2019 se desarrolló una nueva versión, que reúne los cambios en los patrones de movilidad, junto a nuevas estrategias y aprendizajes.
- El **PIM tiene por objetivo implementar proyectos que apuntan a perfeccionar la infraestructura de la movilidad** intermodal y fomentar las modalidades de transporte sustentables.
- La Municipalidad de Santiago solicitó en 2018 a CEDEUS realizar un **diagnóstico** para la posible implementación del proyecto urbano municipal en el **Barrio San Eugenio**.
- El diagnóstico requiere, entre otras actividades encuestas, mapeos participativos, etc., un **análisis del tráfico del barrio**, para el desarrollo de **propuestas de rediseño vial**.



*Plan Integral de Movilidad de Santiago.*

## Análisis de Tráfico en el Barrio San Eugenio

*¿Cómo saber sobre el tráfico y su percepción en el Barrio San Eugenio? (\*en 2018)*

- Encuesta hogar
- Entrevistas con vecinos
- Caminatas con vecinos
- Mapeos participativos con vecinos
- Medición de **Flujos**
  - a) **Conteo** de flujos en las calles
  - b) **Grabación** de flujos **por video** y análisis posterior

=> Dada la **disponibilidad** de tecnología de UAV & video a **precios alcanzables** y una **curiosidad emergente**, a partir de las primeras experiencias con un UAV, se decide grabar los flujos barriales por video desde un UAV.



El Barrio San Eugenio en la comuna de Santiago de Chile (UPP, CEDEUS).

## Preguntas de Investigación

Para el experimento de medición de flujos con un dron **surgen** algunas preguntas:

1. *Grabando con un micro UAV, ¿es posible **identificar todos los principales modos** en las calles principales del barrio San Eugenio?*
2. *¿Es posible **grabar con un micro UAV durante un mismo horario las actividades para distintas calles principales** del barrio?*
3. *¿Se puede contar los **flujos para los modos activos** de caminata y bicicleta mediante la inspección de los videos?*
4. *¿**Cuáles son las restricciones** del uso de drones para emplearlos en estudios de transporte urbano?*



*Foto tomado desde un UAV, altura de 150m, en Las Condes. (Fuente: V. Cruz)*

# Caso de Estudio & Metodología



## Contexto – el barrio San Eugenio, Santiago de Chile

- Nació a  **finales del siglo XIX** alrededor de una maestranza de EFE
- Población de aproximadamente **10.500 personas** (INE 2018)
- **2 estaciones de metro**
- 3 calles principales Norte-Sur
- 2 calles principales Oriente-Poniente
- múltiples **bodegas y talleres, CHV, etc.**



Mapas: Informe final del diagnóstico de CEDEUS (2019)

**Micro UAV** de la marca DJI – modelo Phantom 4 (año 2017+):

- Peso: 1,4 kg
- Cámara:
  - Suspensión cardán (Gimbal)
  - 4096 x 2160 pixel (4K)
  - Espectro visible
  - 5,5 min Video = 4,1 GB
- Duración de batería aprox 28 min en cond. óptimas
- *Off-the-shelf* (sin modificaciones! => sin paracaídas)



UAV DJI Phantom 4 Pro (Fuente: <https://store.dji.com/>)



*Altura de 150 m - vista vertical*



*Altura de 130 m - vista oblicuo*

# Planificación (≠ Ejecución) de Vuelos

- Planificación en aprox. 3 días (incl. pre-terreno)
- Ejecución en 1 día
- Supuestos:
  - Observación desde **punto fijo en altura de 130m**; con vista oblicuo para ver 1,5+ cuadras
  - Requerimiento del luz del día
  - **3 horarios**: horario punta mañana (7:30 a 9:15), horario valle (11:45 a 14:00), punta tarde (17:00 a 18:15)
  - Día jueves (9 de agosto, 2018)
  - **Buen clima**: sin lluvia & poco viento
  - Disponibilidad de **4 baterías de 22 min/batería** (en vez de 28min)
  - Tiempos de traslado y recarga
- Resultando en:
  - **6-7 min de observación por punto** (MESPIVU : 15 min y múltiples veces)
  - **Hasta 7 puntos por horario**



*Planes por horario*



- Análisis de videos **en computador**
- **Interpretación visual** (viendo el mismo video múltiples veces) por un asistente de investigación
- **Conteo de flujo** según modo:
  - Auto
  - Bicicleta
  - Bus
  - Camión
- **Sin conteo de peatones** y de motocicletas, siendo fuera de enfoque en el análisis de flujos en 2018
- Nota: Hoy en día **hay** también **software** para contar flujos en videos, por ejemplo: *Smart Traffic Analyzer* (STA, Picomixer) y *WHW Data*.



Conteo de flujos para la calle Supercaseaux ("A" demarca el punto específico de conteo).

# Resultados

## Ajustes en terreno

- **Reducción del tiempo de observación a 5,5min** (por dirección de observación), para puntos revisitados en la tarde
- **Permitiendo** más puntos y/o direcciones de observación (**nuevo: Punto 6**),
- **Permitiendo reaccionar a observaciones inesperadas** (tráfico de camiones por bodegas; actividades en el barrio durante horario valle: colegios, almuerzo)

### Plan inicial para los 3 horarios



Puntos de grabación de flujos; con flechas indicando la dirección de la cámara. Punto "C" marca el lugar de recarga de baterías.

## Resultados (1) - Videos

Video de Ejemplo (720px 5,5 min = 290MB; original: 4k, 5,5min = 4,5GB)



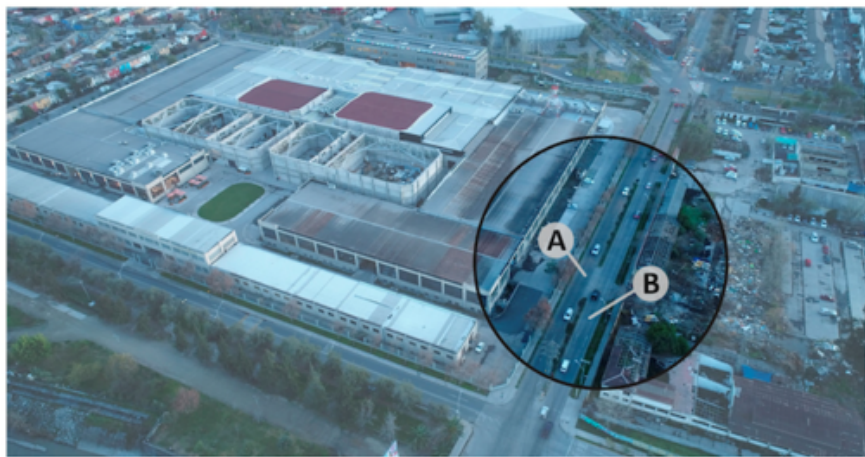
*Horario Valle – Punto 3 (Video 0896)*

*URL: <http://owncloud.cedeus.cl/owncloud/index.php/s/kN7ltF2KomeZbrL> (21sec, 20 MB)*

## Resultados (3) - Flujos

Dos ejemplos de conteos de flujos según modo.

1- FLUJO DE MAÑANA - SECTOR CALLE CLUB HIPICO (1 Hora)



 A-0 / B-16    A-566 / B-1083    A-32 / B-24    A-32 / B-8

4- FLUJO DE MAÑANA - SECTOR CALLE CAMINO MELIPILLA (1 Hora)



 A-26 / B-13    A-988 / B-0    A-13 / B-0    A-78 / B-0

*Flujos estimados para 1 hora – en puntos múltiples (A y B) dentro de la vista.*



## Resultados (4) – ¿Otros parámetros de tráfico?

Parece **factible** extraer otros parámetros de tráfico para simulaciones.



Grabación de vídeo con el UAV DJI Phantom 4 desde una **altura de 130 m** de un área con **edificios de baja altura**, permitiendo la extracción de **parámetros de tráfico como velocidades, largo de colas, ocupación de pistas, porcentaje de virajes**, entre otros.

=> ver Fondecyt de Rafael Delpiano

# Respuestas a las preguntas de investigación & Recomendaciones

**Pregunta 1 :** *Grabando con un micro UAV, ¿es posible identificar los principales modos de transporte en las principales calles del barrio San Eugenio?*

**Pregunta 3 :** *¿Se puede contar los flujos para los modos activos (caminata, bicicleta)?*

**Respuestas:**

- Se puede identificar y contar flujos de bicicletas, autos, buses, camiones.
- La identificación de peatones de forma visual en los videos requiere buena atención del analista y que las personas estén en movimiento (marcado en círculos A y B).
- Personas en el parque son casi indetectable (círculo C).
- Se debe considerar la altura de vuelo.



*Horario Punta Mañana – Punto 2 – Vista hacia el oriente*

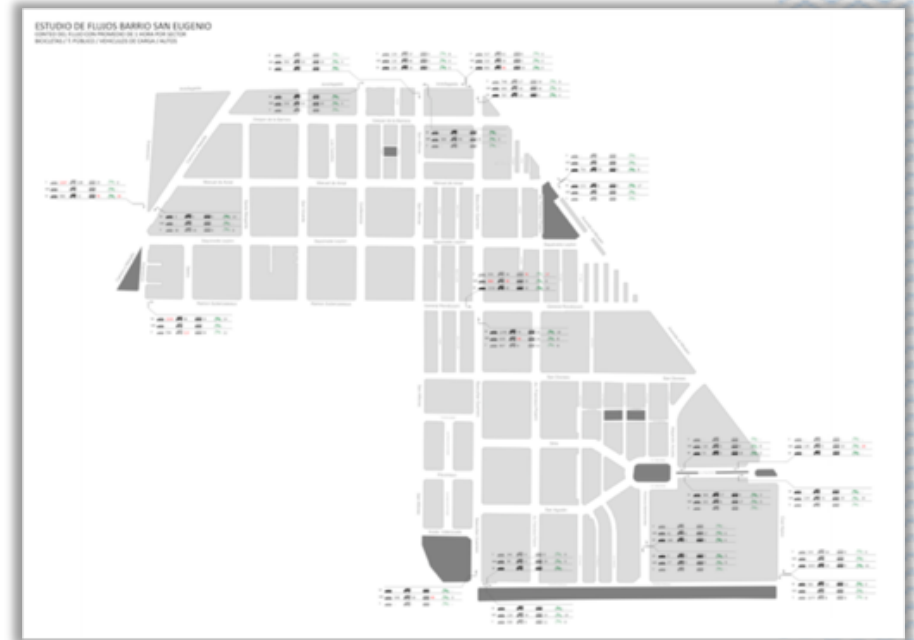
*Video (Nº 0877) correspondiente en 720px, de 21 segundos (20MB), formato \*.mov:*

*URL: <http://owncloud.cedeus.cl/owncloud/index.php/s/owgoUGkHVAxB8tW>*

**Pregunta 2 :** *¿Es posible **grabar** con un micro UAV **durante** un **mismo horario** las **actividades** para **distintas calles** principales del barrio?*

**Respuesta:**

- Si
- Considerando: tiempo de grabación (5,5 min), capacidad de batería(s), distancias y tiempos de traslado, y alturas de edificios.



*Mapa con los flujos observados usando 1 UAV en solo 1 día.*

**Pregunta 4 :** *¿Cuáles son las restricciones de uso de drones para emplearlos en estudios de transporte urbano?*

**Respuestas:**

- Restricciones legales (DGAC: DAN 91, 119, 151)
  - Licencia del piloto
  - UAV inscrito (con seguro)
  - Permiso de vuelo en áreas pobladas => plan!
  - Altura máxima de 130 m => área de vigilancia
  - Contacto visual entre piloto y UAV
  - (sin auto-piloto)
- Restricciones prácticas:
  - Condiciones climáticas => ¿Punta Arenas?
  - Limitación de batería => Tiempo de grabación?
  - Estructura urbana / tipo de edificación
  - **Privacidad & Implicaciones éticas** => Reacciones de vecinos



*Cartilla de la Dirección General Aeronáutica Civil (DGAC) para uso de UAV /RPAS en Chile (2023).*

## Conclusiones:

- **Limitaciones importantes**
  - Condiciones meteorológicas del día!
  - Baterías: tiempo acotado (DJI Mavic: 40 min)
  - Licencias y permisos
- Sirve para un **diagnóstico inicial sobre el uso vial** en una **zona** (= múltiples calles).
- **Costo y tiempo** para planificación y ejecución es **razonable**.
- **Reduce errores** de conteos manuales.

## Recomendaciones:

- (Aún) **no** sirve para generar **estadísticas detalladas**.
- **Contratar un servicio profesional** (tienen experiencia + permisos : \*Martin Cruz).
- Puede ser **útil** para observaciones **en sectores inseguros** o difícil de acceder.



*Resultados del diagnóstico de flujos con el UAV ayudaron en desarrollar una propuesta de intervención para calles conectoras del barrio San Eugenio.*

## Trabajos Futuros

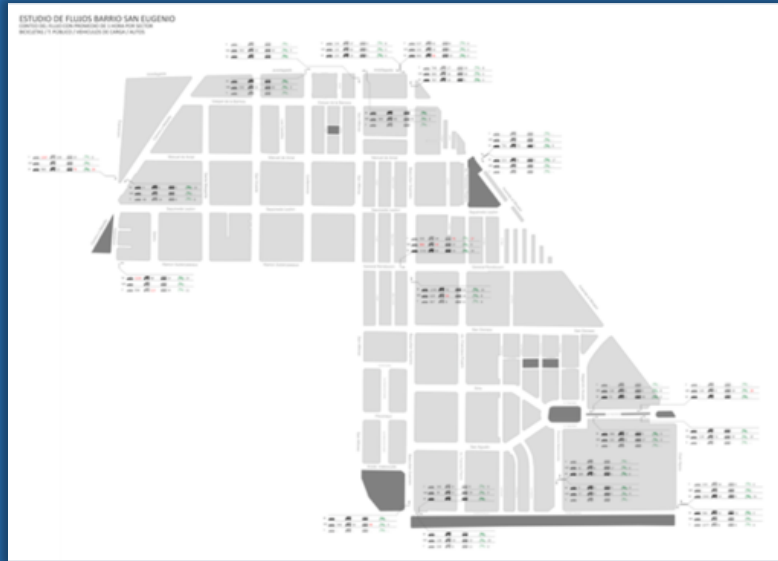
- Por el momento evaluamos **solo flujos**, para los modos **auto, bus, camión y bicicleta**.
- **Falta evaluar los modos de caminata / peatones, motocicletas, scooters, etc.** (vea Parra-Ovalle et al. 2023)
- También **falta un análisis detallado para extraer otros parámetros de tráfico** - importantes para simulaciones - como velocidades, largo de colas, ocupación de pistas, porcentaje de virajes, etc. (vea Bernal-Giraldo 2016)
- Se debe evaluar distintos tipos de **software y servicios en la nube, que permiten extraer parámetros** de tráfico de forma (semi-) automatizada (=> ver la siguiente presentación/paper de Muñoz, S., A. Lopez, et al. (2023, CChIT) sobre el uso de *DataFromSky.com*)



¿Parámetros de tráfico extraíbles desde videos?



DataFromSky.com : Fuente: @ariellopez



¡Muchas gracias!

*stefan.steiniger@pucv.cl*