



**AGUA EN LA  
AGRICULTURA:**  
Sostenibilidad y tendencias



# TOPOGRAFÍA DE ALTA RESOLUCIÓN USANDO SENSORES REMOTOS TRANSPORTADOS EN DRONES

**Sergio Iván Jiménez Jiménez<sup>1\*</sup>; Jorge Flores Velazquez<sup>2</sup>; Braulio David Robles Rubio<sup>2</sup>;  
Waldo Ojeda Bustamante<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Egresado de la Universidad Autónoma Chapingo, departamento de Irrigación-Km. 38.5 carretera  
México - Texcoco, Chapingo, Estado de México. C.P. 56230.*

*<sup>2</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Riego y Drenaje- Paseo  
Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, C.P. 62550, Jiutepec, Morelos, México.*

II Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII 2016  
08 al 10 de septiembre del 2016  
Chapingo, México

# ÍNDICE



- **Introducción.**
- **Materiales y métodos.**
- **Resultados**
- **Análisis y discusión**
- **Conclusiones.**
- **Referencias bibliográficas**

# INTRODUCCIÓN



- Los procedimientos para levantar un detalle de la superficie terrestre, topográficamente hablando, **han evolucionado con la incorporación de nuevas tecnologías**, tales como el uso de sensores remotos montados en satélites, avionetas o drones.
- El uso de drones presenta una alternativa a las desventajas de los métodos tradicionales, cuyo procedimiento exige una inversión de tiempo de días o semanas y brindan resoluciones gruesas, mientras, que con uso de sensores remotos transportados en drones la información permite obtener productos de alta resolución espacial y temporal, pero la mayor ventaja de esta nueva tecnología se evidencia en el **proceso de captura, almacenamiento, cálculo y transmisión de datos de campo**, con lo cual se agiliza el tratamiento de la información y generación de productos.

# MATERIALES Y MÉTODOS



- Dron hexacóptero DJI A2, cámara visible Sony de 16 mm de distancia focal y 24 megapíxeles.
- GPS RTK marca TOPCON.
- software UgCS.
- Software fotogramétrico: Pix4D y Agisoft PhotoScan.
- Paquetería CAD.

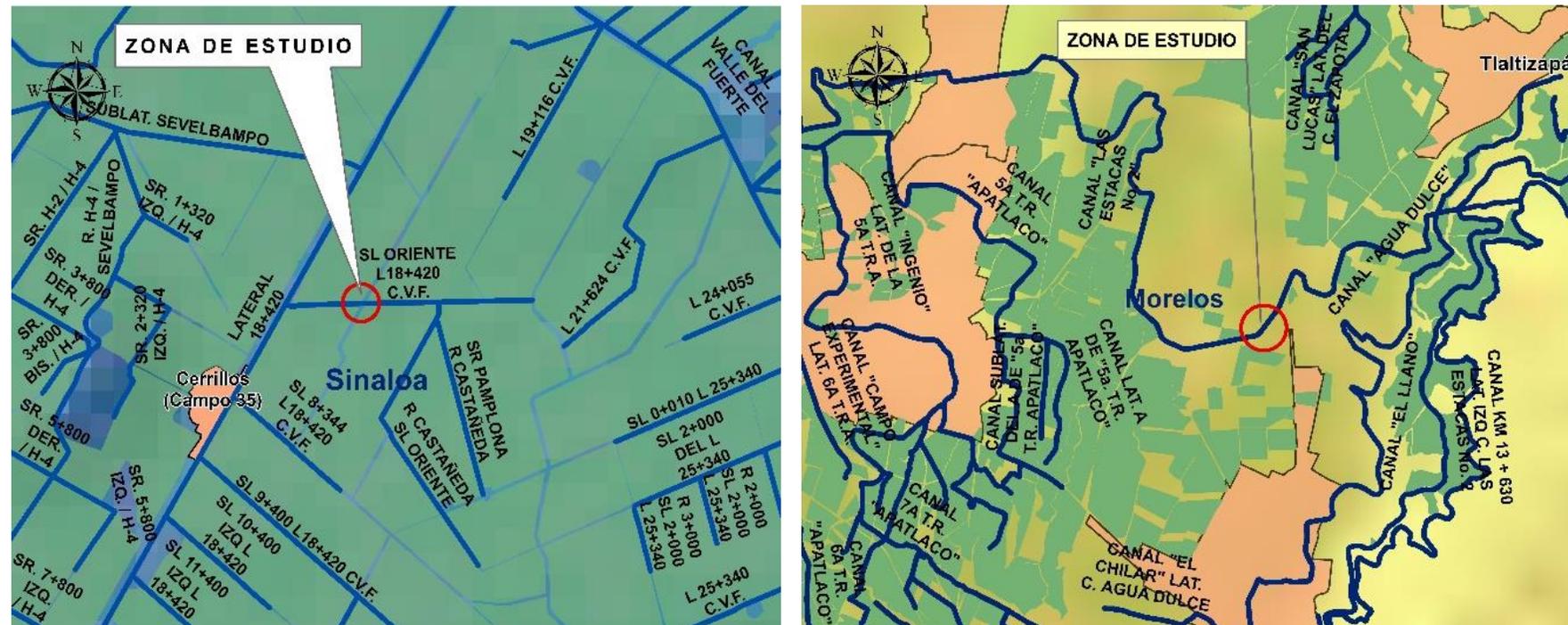


**Figura 1.** Dron hexacóptero DJI y cámara visible SONY 16 mm

# MATERIALES Y MÉTODOS



- Se seleccionó un tramo de 230 m de longitud del **canal de riego Oriente** ubicado en el DR 075 Rio Fuerte, Sinaloa y un tramo de 180 m del **canal principal las Estacas II** ubicado en el DR 016 estado de Morelos



**Figura.** Microlocalización del canal oriente y las Estacas II.

# MATERIALES Y MÉTODOS



## • Misión de vuelo

- Una misión de vuelo puede realizarse de manera manual, semiautomático o automático, en ella se formulan los objetivos detallados del vuelo, actividad o tarea que realizará el dron, se programa la ruta de vuelo que se ejecutará de forma autónoma, los desplazamientos juntos con las velocidades, el lugar en que se deberá tomar la fotografía, o la inclinación de la cámara en ese punto

Características	Canal Estacas II	Canal Oriente
Altura mínima, m	13.00	27.00
Altura máxima, m	16.00	31.00
Resolución del terreno, cm	0.50	1.00
Traslape frontal, %	70.00	70.00
Traslape lateral, %	60.00	70.00
Tiempo total de vuelo, s	109.00	148.00



**Figura .** Misión de vuelo con el programa UgCS, Canal Oriente DR 075 Río Fuerte, Sinaloa (Izquierda), canal principal las estacas II DR 016 Estado de Morelos (derecha).

# MATERIALES Y MÉTODOS



- **Apoyo topográfico y vuelo.**

- Los puntos de control se marcaron **antes del vuelo para que en las fotos** aparezcan claramente identificados y de esta manera minimizar errores de apreciación.
- Para el caso del canal Oriente se tienen dos puntos de control y 4 para el canal las Estacas II. Las coordenadas de los puntos fueron obtenidos con un GPS RTK TopCon
- Los vuelos se realizaron cerca del mediodía y se guardó la telemetría de estos en el programa UgCS



**Figura.** GPS RTK TopCon y marcas de puntos de control en la superficie

# MATERIALES Y MÉTODOS



- **Procesamiento y calculo.**

- Procesamiento inicial: descarga de las imágenes de la cámara, asignación de coordenadas a las imágenes, descarga de las coordenadas de los puntos de control e identificación de dichos puntos en las imágenes.
- En el procesamiento de las imágenes se usó el programa Pix4D para el canal Oriente y el PhotoScan para el canal Las Estacas II. La identificación de los puntos de control en las imágenes se realizó dentro de los programas



**Figura.** Puntos de control localizadas en las imágenes tomadas con el dron

# MATERIALES Y MÉTODOS



- **Generación de productos.**

- Se obtuvieron para ambos canales un modelo digital de superficie (MDS), un modelo en 3D, un Ortomosaico y un archivo de nube de puntos, ambas con resolución espacial indicada en el plan de vuelo y con coordenadas reales.

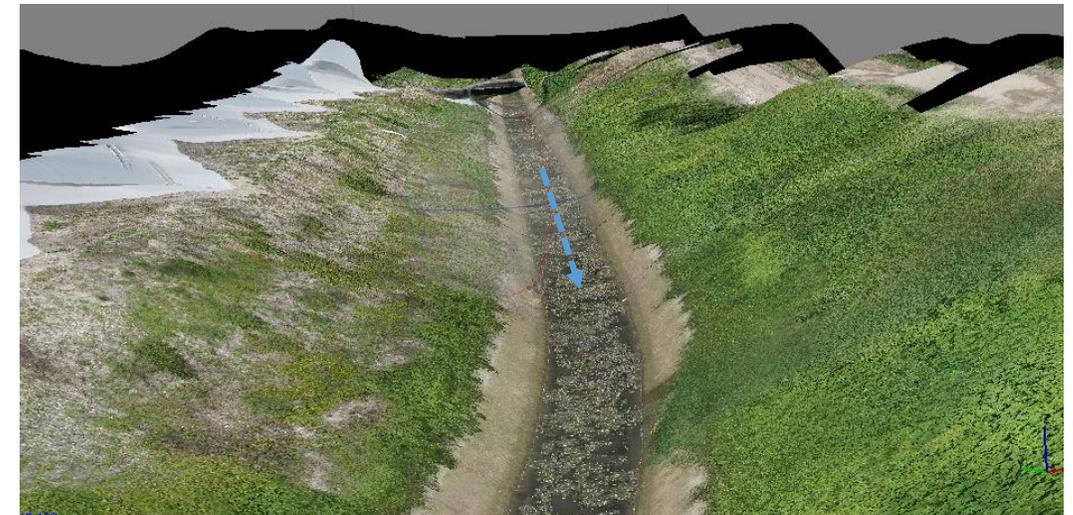
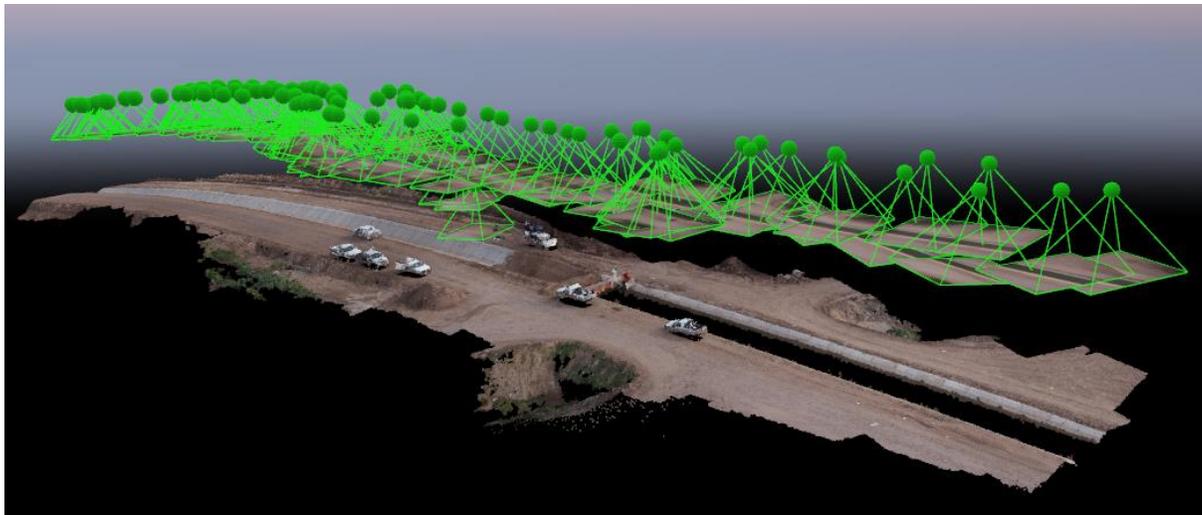
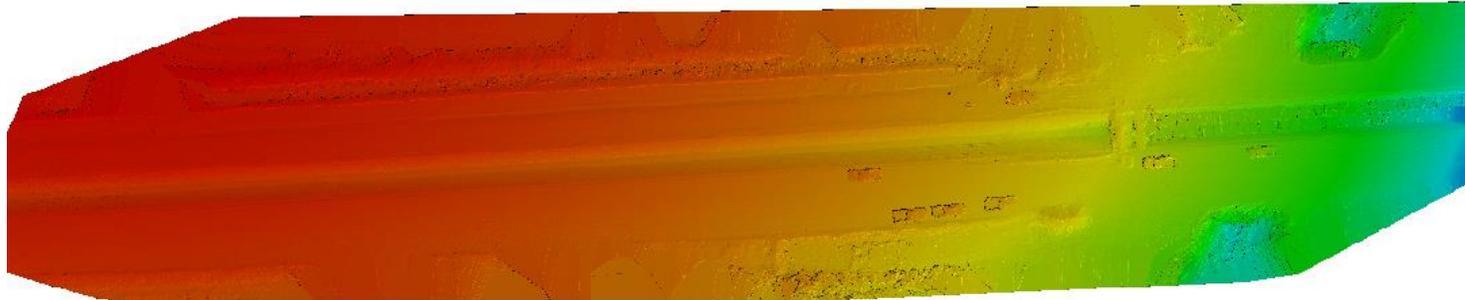


Figura. Modelo en 3D del canal oriente realizada con el programa Pix4D, el canal Las Estacas II realizado con el programa PhotoScan

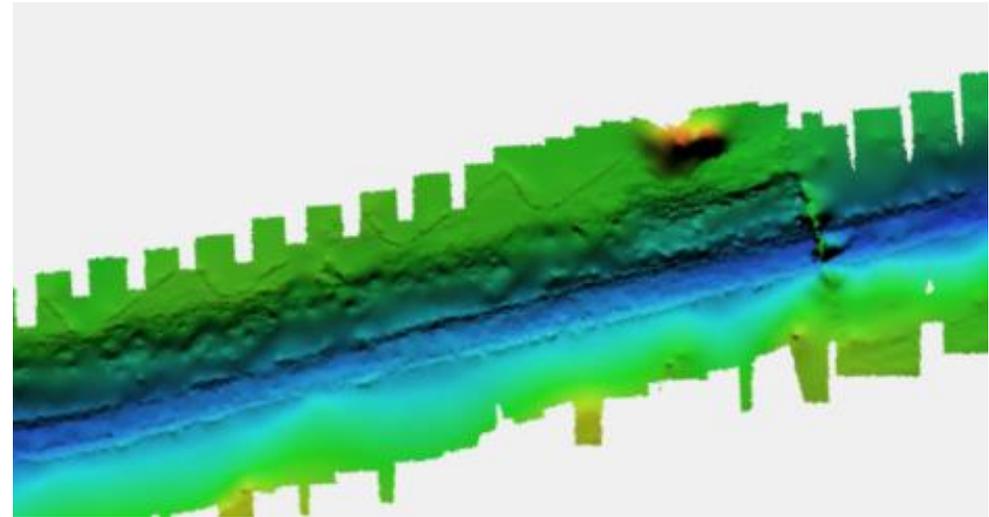
# MATERIALES Y MÉTODOS



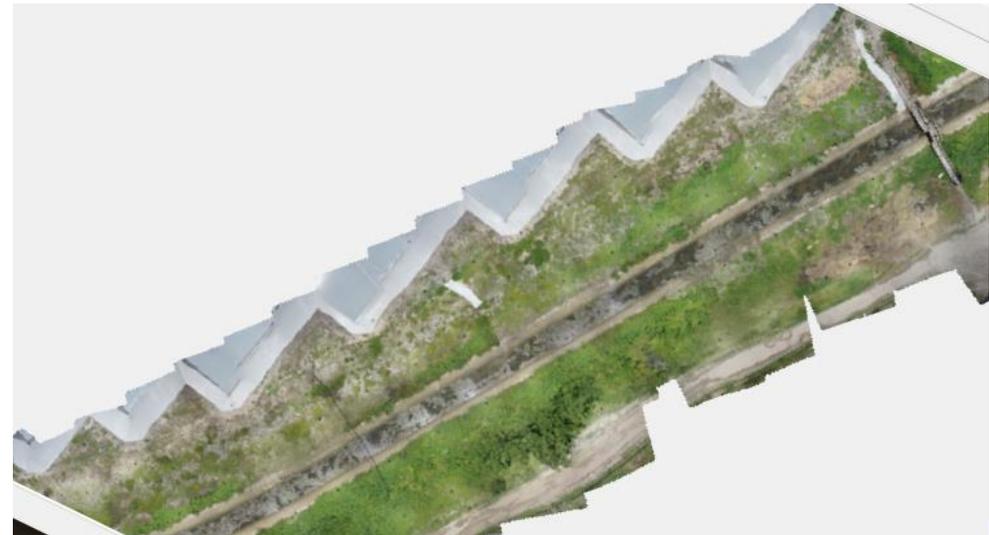
- Generación de productos.



MDS



Ortomosaico



# MATERIALES Y MÉTODOS



- **Generación de productos.**

- La nube de puntos se creó en formato LAS con un sistema de coordenadas WGS 84 UTM Zona 12 N para el canal oriente y UTM Zona 14 N para el canal Las Estacas II.
- El producto más importante para cuestiones de topografía es la nube de puntos



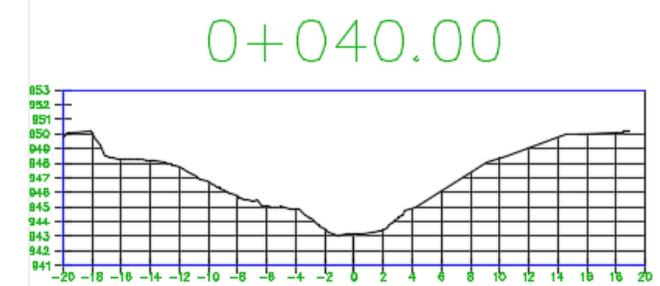
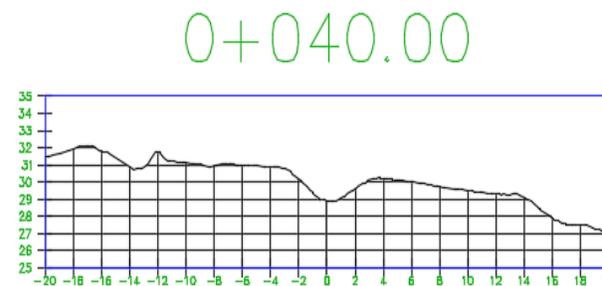
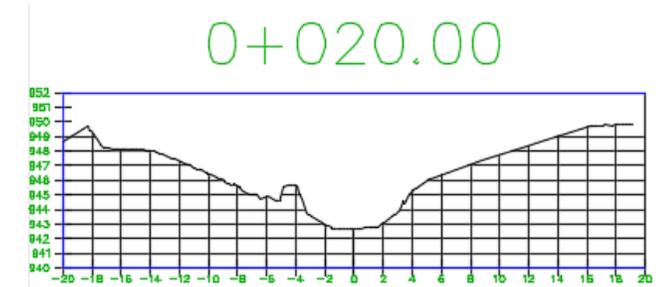
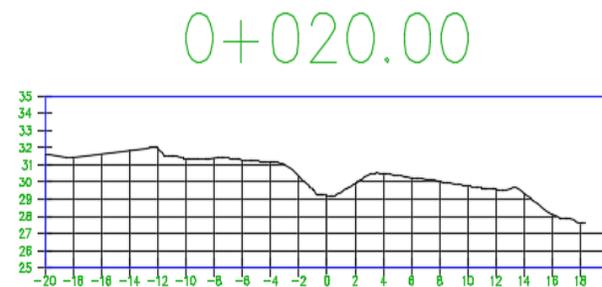
**Figura.** Nube de puntos del canal Oriente y Las estacas II

# MATERIALES Y MÉTODOS



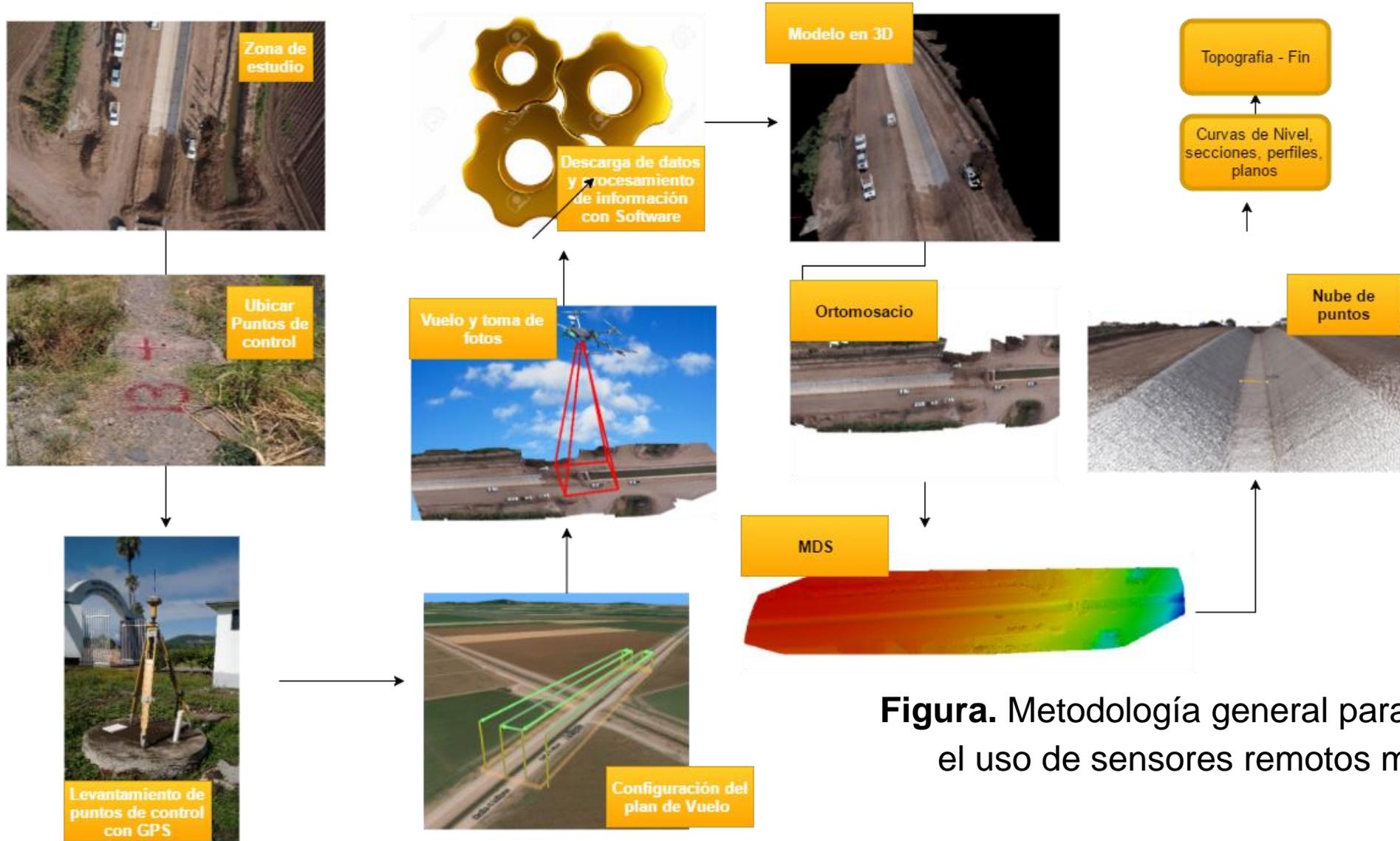
- **Topografía**

- Con la nube de puntos en formato \*.LAS se crearon curvas de nivel, secciones y perfiles en el programa AutoCAD Civil 3D; cabe indicar que es conveniente manejar la nube de puntos en este formato



**Figura.** Secciones del canal oriente (izquierda), canal Las Estacas II (Derecha) creadas con el programa AutoCAD Civil 3D

# MATERIALES Y MÉTODOS



**Figura.** Metodología general para la topografía mediante el uso de sensores remotos montados en drones.

# ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS



- Los puntos de control sirven para transformar el modelo fotogramétrico en modelo del terreno con la correcta georeferenciación. Se recomienda colocar al menos cuatro puntos de control uno por cada esquina de la zona de estudio.
- La nube de puntos del canal Las Estacas II tiene **mayor resolución espacial** que la del canal oriente, sin embargo, en la nube de puntos del primero **existen zonas sin datos sobre ambos márgenes del canal**, notándose más la falta de información sobre la margen izquierda, mientras, que en el canal Oriente la única parte sin información **es la zona cubierta de agua**.
- Las zonas sin información que se presentan en la nube de puntos del canal Oriente, se deben a que no es **posible usar la técnica fotogramétrica** para obtener información **directamente de la cota del agua**, el uso de esta técnica queda limitado a aguas no muy profundas (Farjas, 2005).
- La topografía obtenida es **de alta resolución espacial**, además, es posible obtener la geometría de estructuras ubicadas dentro de la zona, el intervalo de las curvas de nivel y las secciones dependerá en gran medida del tipo de estudio

# CONCLUSIONES



- La fotogrametría es una técnica muy potente debido a que solamente es necesario **sobrevolar una extensión determinada para sacar unas fotos** y en gabinete se recompone el modelo para obtener la geometría, el Ortomosaico, etc.
- Los alcances de los programas fotogramétricos utilizados van más allá de los mostrados en este estudio, es posible **crear curvas de nivel, realizar mediciones de volumen, distancias**, etc., con precisión de centímetros.
- Obtener la topografía de un sitio de interés con el uso de sensores remotos montados en drones es mucho más rápido que los métodos tradicionales, requiere menos personal, es de **alta resolución espacial** llegando a ser menores de un centímetro y alta resolución temporal debido a la adquisición de imágenes aéreas en “casi” cualquier momento.
- Los sensores remotos montados en Drones realizan nuevos aportes al campo de la topografía estos aportes, **no implican que los Drones van a reemplazar el uso de los GPS**, las Estaciones Totales, los niveles, etc., sino que son un complemento a las tecnologías existentes.



# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Eisenbeiss, H., Lambers, K., Sauerbier, M. & Zhang, L., 2005. Photogrammetric documentation of an archaeological site (Palpa, Peru) using an autonomous model helicopter. CIPA 2005 XX International Symposium. Recuperado de: [https://www.uni-bamberg.de/fileadmin/ivga/Lambers/eisenbeiss\\_et\\_al\\_2005.pdf](https://www.uni-bamberg.de/fileadmin/ivga/Lambers/eisenbeiss_et_al_2005.pdf). Fecha de consulta: 17 de agosto del 2016.
- Farjas M., (2005). Levantamientos Batimétricos. Recuperado de: [http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria\\_Batimetria\\_Tema\\_13.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_Batimetria_Tema_13.pdf). Fecha consulta 15 de agosto del 2016. 19 p.
- Flener, C., Vaaja, M., Jaakkola, A., Krooks, A., Kaartinen, H., Kukko, A., Kasvi E., Hyyppä H., Hyyppä j., Alho, P. (2013). Seamless Mapping of River Channels at High Resolution Using Mobile LiDAR and UAV-Photography. Remote Sensing, 5(1), 6382-6407. doi:10.3390/rs5126382
- Fook Hai, H. (2008). 3D Terrestrial Laser Scanning For Application In Earthwork And Topographical Surveys. Research Project, University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying.
- MCCORMAC, J. (2008). Topografía. Limusa Wiley. Mexico. 267 265, 179, 8 p.
- Ojeda Bustamante, W., Flores Velázquez, J., & Unland Weiss, H. (2014). Drones y sistemas de información geográfica en la ingeniería hidroagrícola. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Riego y Drenaje. Jiutepec, Morelos: IMTA.
- TORRES A. & VILLATE E., (2001). Topografía. Cuarta edición. Escuela Colombiana de Ingenieros. Medellín, Colombia. 17 p.
- Universal Ground Control Software. (2016, Junio 24). UgCS User Manual, v2.9. La Valeta, Malta.