

Cartografía basada en drone como soporte a la toma de decisión en el partido de Luján

Ducca Pablo Eduardo¹, Di Franco Leonardo², Lanson Daniel³

Resumen

El presente trabajo presenta la incorporación de la tecnología drone y el desarrollo de una metodología para su implementación por parte de la Subsecretaría de Innovación Pública del Municipio de Luján, con la cual poder alcanzar productos cartográficos digitales en alta resolución espacial. El artículo contextualiza y analiza el surgimiento de la tecnología drone, incorpora conceptos y aborda la metodología necesaria para el desarrollo de las actividades posibles de ser implementadas en el ámbito municipal. Para llevar a cabo las tareas se seleccionó el área de trabajo de interés, se planificaron los vuelos en días con condiciones atmosféricas propicias y se efectuaron dichos vuelos. Luego, se procesaron y post procesaron las imágenes conseguidas con el fin de obtener los mosaicos fotográficos que permitieron la generación de productos cartográficos digitales. Los productos finales, mosaicos fotográficos y mapas temáticos, presentan elementos claves del área de estudio como infraestructura turística, infraestructura de interés municipal y recursos naturales como el cauce del río Luján y el campo experimental de la Universidad Nacional de Luján. Estos mapas proporcionan al municipio información detallada y actualizada para apoyar la toma de decisiones en la gestión del territorio y la planificación urbana del partido de Luján. En conclusión, la incorporación de este tipo de tecnología ha demostrado ser una herramienta valiosa para obtener información espacial precisa y actualizada.

Palabras claves: drone; fotografía aérea; mosaico fotográfico; teledetección; Luján.

¹ Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina. pabloducca20@gmail.com

² Universidad Nacional de General Sarmiento, Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina. ldifranco@campus.ungs.edu.ar

³ Municipalidad de Luján, Subsecretaría de Innovación Pública, Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina. lansonde@yahoo.com

Drone-based mapping as a support for decision-making in the Luján district

Abstract:

This paper introduces the integration of drone technology and the development of a methodology for its implementation by the Subsecretaría de Innovación Pública of the Municipalidad de Luján, aiming to achieve high-resolution spatial digital cartographic products. The article contextualizes and analyzes the emergence of drone technology, incorporates relevant concepts, and outlines the necessary methodology for the development of activities feasible within the municipal context. To execute the tasks, the area of interest was carefully selected, and flight plans were meticulously devised for days with favorable atmospheric conditions. Subsequently, the flights were carried out as planned. Following this, the obtained images underwent processing and post-processing to generate photographic mosaics, forming the basis for the creation of digital cartographic products. The final products, including photographic mosaics and thematic maps, showcase key elements of the study area such as tourist infrastructure, municipally significant infrastructure, and natural resources like the course of the Luján River and the experimental field of the National University of Luján. These maps provide the municipality with detailed and updated information to support decision-making in territorial management and urban planning within the Luján district. In conclusion, the incorporation of this type of technology has proven to be a valuable tool for obtaining precise and up-to-date spatial information.

Keywords: drone; aerial photography; photographic mosaic; remote sensing; Luján.

Introducción

El municipio de Luján forma parte del Programa de Apoyo a la Creación de Centros Locales de Innovación y Cultura (CLIC) que depende de la Subsecretaría de Innovación Pública del

Municipio de Luján. Su principal objetivo radica en la promoción de espacios e instancias de encuentro que contribuyan a aumentar las capacidades locales en Ciencias y Tecnologías, para fortalecer el vínculo entre la comunidad y el territorio, y de esta manera aportar estrategias para el desarrollo local de manera inclusiva y sustentable. Parte de los fondos recibidos como parte del programa fueron destinados a la compra de un drone para la Subsecretaría de Innovación y Desarrollo que posibilitó la realización de mosaicos fotográficos de alta resolución espacial sobre puntos de interés para el municipio.

Es por ello que se planteó como objetivo de este trabajo generar productos fotográficos georreferenciados aplicables a las propuestas del programa CLIC.

Las ubicaciones para la realización de esta tarea fueron seleccionadas de acuerdo a las necesidades planteadas por el municipio. Los sitios fueron:

- Casco Histórico Basical, comprendido por: Plaza Belgrano, Rivera, Complejo Museográfico “Enrique Udaondo”, Basílica “Nuestra Señora de Luján”, terminal de ómnibus, zonas concesionadas por el municipio. Este punto es de interés para la planificación de eventos culturales masivos que suelen ocurrir dentro de esta área.
- Obrador ubicado frente a la entrada de la Universidad Nacional de Luján. siendo este un sitio de interés por parte del municipio de Luján para la planificación del emplazamiento del “Polo Tecnológico Municipal”.
- Campo Experimental de la Universidad Nacional de Luján. Este punto es de interés de la Secretaría de Producción y Desarrollo para demostrar a los productores que estén inscriptos dentro del programa “CLIC” los productos a generar con esta tecnología.

Una vez seleccionados los sitios de interés para la realización del relevamiento fotográfico con drone comercial y su posterior procesamiento se establecieron los productos resultantes de las tareas: un mosaico fotográfico de cada sitio y su cartografía digital. A su vez, los pasos para realizar estas tareas fueron detallados de manera tal que los gestores municipales podrán aplicarlo como metodología a la hora de relevar diferentes sitios. Además, la fotografía aérea con drones permite la obtención del producto aptos para la realización de técnicas de interpretación visual analógica o digital, y otras aplicaciones tales como la gestión catastral, cartografía digital, seguimiento y mantenimiento de construcciones civiles y edificaciones,

generación de mapas de alta resolución espacial. En complemento con los avances de la cartografía temática llevará a mejoras significativas en el ámbito de la planificación más efectiva, con aspiraciones sustentables y de desarrollo tanto público como privado.

La tecnología de drones tiene una historia rica y multifacética que se remonta a más de un siglo. El desarrollo de vehículos aéreos no tripulados comenzó durante la Primera Guerra Mundial realizándose avances significativos durante la Segunda Guerra Mundial. Allí se fabricó el Radioplane OQ-2, el primer dron de producción en masa, utilizado por el ejército de los Estados Unidos para entrenamiento de artillería. En las décadas siguientes, los drones se usaron principalmente con fines militares, incluyendo reconocimiento y misiones de ataque. Durante la Guerra Fría, los Estados Unidos y la Unión Soviética desarrollaron drones de espionaje más avanzados. El uso civil de los drones comenzó a ganar tracción en la década de 2000, cuando la tecnología se hizo más accesible y asequible. Los avances en la miniaturización de componentes electrónicos y la mejora de las baterías permitieron el desarrollo de drones más pequeños y eficientes. En 2006, la Administración Federal de Aviación (FAA) de los Estados Unidos emitió las primeras autorizaciones para el uso comercial de drones, lo que marcó un hito importante en la adopción de esta tecnología.

A partir de entonces, los drones han encontrado aplicaciones en una amplia variedad de campos, incluyendo agricultura, cartografía, cinematografía, y respuesta a emergencias. En agricultura, los drones se utilizan para monitorear cultivos y optimizar el uso de recursos. En cartografía y gestión territorial, los drones proporcionan imágenes detalladas y actualizadas del terreno, mejorando la precisión de los mapas. En la respuesta a emergencias, los drones ayudan a evaluar daños y localizar personas en áreas de difícil acceso.

Hoy en día, la tecnología de drones sigue evolucionando rápidamente, con innovaciones en autonomía, inteligencia artificial y capacidades de carga. La integración de sensores avanzados y software de procesamiento de datos está expandiendo aún más las posibilidades de los drones, consolidándolos como herramientas esenciales en diversas industrias y aplicaciones.

Materiales y métodos

Cada uno de los relevamientos realizados en este trabajo se llevaron a cabo en el partido de Luján, por ello se describe brevemente la zona de estudio y luego se enumeran tanto los materiales como la metodología empleada para llevar a cabo los mosaicos fotográficos y la cartografía digital.

Área de estudio

La Ciudad de Luján se encuentra en una posición periférica en el área de crecimiento metropolitano de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, abarca una superficie de más de dieciséis mil kilómetros cuadrados. La zona que integra tiene características tanto de urbanización intersticial como de asentamiento rururbano y alberga alrededor de 111.000 habitantes según el último censo realizado por INDEC (2022), lo que representa un aumento muy acotado con respecto a los 106.273 habitantes registrados en el censo de 2010. La densidad de población en el partido de Luján varía significativamente, oscilando desde los 500 habitantes por hectárea en las áreas residenciales y comerciales hasta los 15 habitantes por hectárea en las zonas dedicadas a la agricultura y la ganadería.

La ciudad de Luján, el núcleo urbano principal del partido, es el hogar del 70% de la población total y es el centro de servicios y actividades de la región. Cuenta con más de mil cuadras de pavimento urbano y más de setecientos kilómetros de caminos rurales en diversos estados de conservación, así como con servicios de transporte público y una estructura circulatoria eficiente.

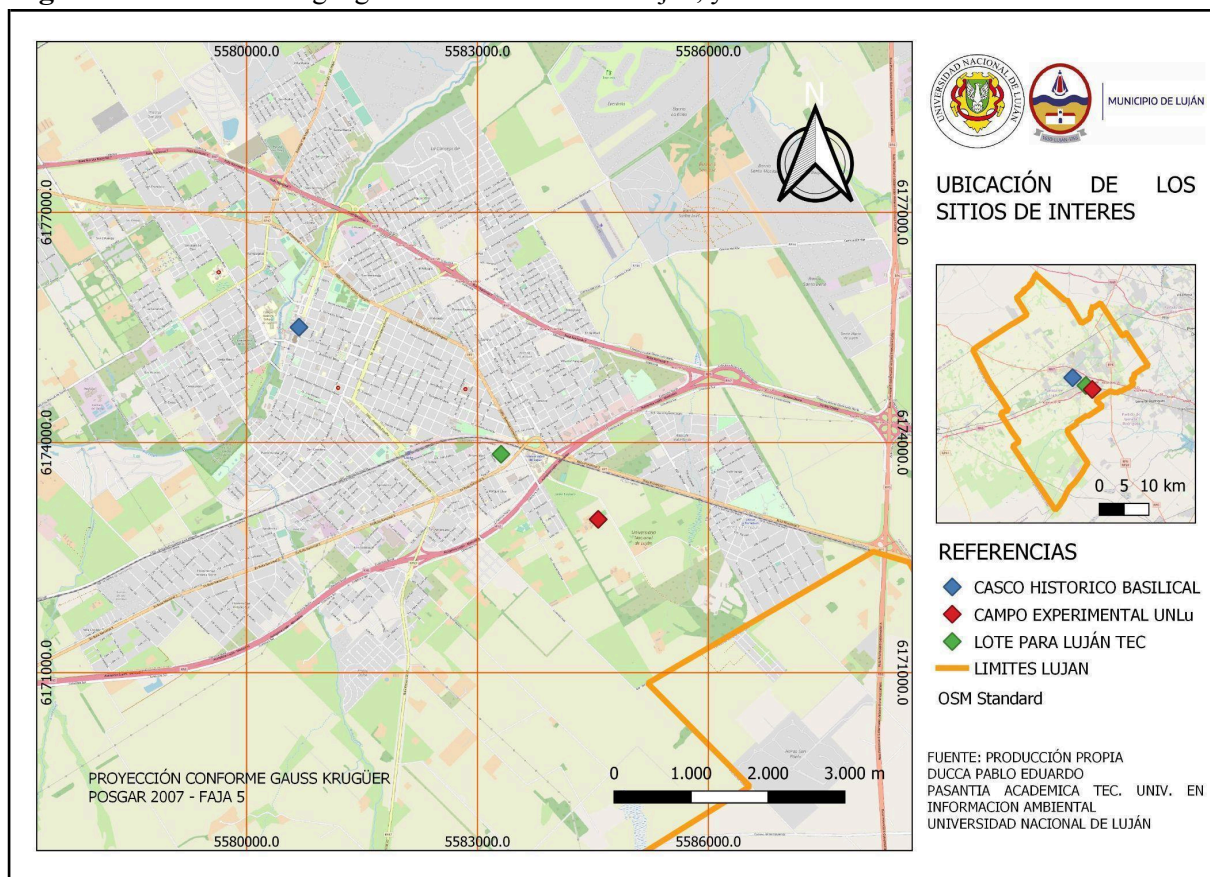
Fuera de las zonas urbanas, la mayor parte de la tierra en el partido de Luján se dedica a la producción agrícola, especialmente al cultivo de trigo, maíz, avena, girasol, lino oleaginoso y soja, mientras que la producción ganadera está disminuyendo. La industria, que sufrió una recesión en los años noventa y principios de los años 2000, está mostrando signos de recuperación en la producción de productos alimenticios, lácteos, textiles, piezas y accesorios para vehículos automotores y motores. Más de 280 pequeñas y medianas empresas y microempresas impulsan el crecimiento urbano y el desarrollo de Luján (Iglesias, A. y Lanson, D., 2010).

Sitios de interés

Como se mencionó anteriormente, los sitios de interés seleccionados correspondieron con lo solicitado por el subsecretario de producción y desarrollo de la Municipalidad de Luján (Figura N° 1):

- Casco Histórico Basical, comprendido por: Plaza Belgrano, Rivera, Complejo Museográfico “Enrique Udaondo”, Basílica “Nuestra Señora de Luján”, terminal de ómnibus, zonas concesionadas por el municipio. Este punto es de interés para la planificación de eventos culturales masivos que suelen ocurrir dentro de esta área.
- Obrador ubicado frente a la entrada de la Universidad Nacional de Luján. siendo este un sitio de interés por parte del municipio de Luján para la planificación del emplazamiento del “Polo Tecnológico Municipal”.
- Campo Experimental de la Universidad Nacional de Luján. Este punto es de interés de la Secretaría de Producción y Desarrollo para demostrar a los productores que estén inscriptos dentro del programa “CLIC” los productos a generar con esta tecnología.

Figura N° 1: Ubicación geográfica de la ciudad de Luján, y cada uno de los sitios de interés.



Fuente: Producción Propia

Importancia de los sitios seleccionados

El Casco Histórico Basical es un sitio de alto interés municipal por la confluencia de fieles religiosos y turistas que visitan la ciudad cada fin de semana y en especial en los días donde se realizan la peregrinación de jóvenes a pie, la peregrinación gaucha, la peregrinación de la comunidad boliviana (entre otras), llegando a reunir hasta 2 millones de fieles. Este sitio representa un gran ingreso económico para el municipio y un sustento y fuente de trabajo para muchos ciudadanos del partido.

Dentro del casco histórico podemos encontrar el Complejo Museográfico “Enrique Udaondo”, compuesto por el “Museo Colonial e Histórico”, donde destacan sus salas dedicadas a contar y mostrar artículos sobre la historia local y Argentina, sus jardines, el histórico Cabildo de “La Villa de Luján” y “La Casa del Virrey” (Gobierno de la Provincia de Buenos Aires [GPBA], 2021). Por otro lado, en el complejo también se encuentra el “Museo de Transportes” donde se exhiben vehículos históricos como la carreta quinchada “El Plumerillo”, la primera locomotora argentina “La Porteña” y el hidroavión “Plus Ultra”, entre otros.

Ubicado en un sector conocido como “La Recova”, al este del área de interés, sobre calle 9 de Julio, entre Lavalle y 25 de Mayo, se encuentra uno de los museos más importantes de la provincia de Buenos Aires, por su importancia artística, cultural y turística, reconocida por artistas que han expuesto allí el museo de bellas artes “Fernan Felix de Amador”, un complejo edilicio construido en 1982, que cuenta con tres salas para la exposición de obras de arte de artistas de nuestro país.

El Santuario de “Nuestra Señora de Luján” es un icono que en el inconsciente colectivo de los vecinos del partido y hasta de gran parte de los habitantes del país anclan a la ciudad de Luján con la fe y devoción católica. Este Santuario comenzó a construirse a mitades de 1890, de marcada arquitectura neogótica, alberga la imagen de “Nuestra Señora de Luján”, patrona de la Argentina, y diversas reliquias de la fe católica.

Detrás del complejo museográfico se encuentra el único parque ubicado en nuestra área de estudio, el parque “Florentino Ameghino”, construido en los años ‘30, cuenta con unas 2.5 Ha de áreas verdes con diversas especies arbóreas como el Ciprés (*Cupressus sempervirens*), el

Palo Borracho (*Ceiba speciosa*), Pino (*Pinus strobus*), Sauce (*Salix alba*), Plátano (*Platanus hispanica*), Casuarina (*Casuarina equisetifolia*), entre otras especies. El camino asfaltado permite a los visitantes pasear por el parque en vehículos.

El eje central de esta área se encuentra en la plaza Belgrano, que con una superficie de casi 2 Ha, es la zona de transición entre los diferentes sitios de este área de estudio. En esta plaza se encuentra el monumento a Belgrano y otros monumentos y monolitos dispersos por ella.

El siguiente sitio de interés para la realización de los mosaicos es el lote ubicado en la intersección de la ruta nacional 5 y 7, frente a la Universidad Nacional de Luján antes predio obrador de concesión RN5, hoy el municipio de la ciudad de Luján planea instalar un Parque de Conocimiento Aplicado “Luján TEC”, en el cual se buscará “generar un parque de producción intensiva de conocimiento” (Lanson, D., comunicación personal, 14 de marzo de 2023).

La instalación de este Parque de Conocimiento Aplicado es promovida por la Municipalidad de Luján, está orientado a empresas de “economía del conocimiento”, empresas de tecnología, que agreguen valor a cuatro sectores estratégicos: el agroalimentario, el textil, el metalúrgico y automotriz, y el de turismo y cultura.

Se busca el conocimiento en aspectos transversales que van desde la sustentabilidad; la ingeniería y el diseño; la bio y nanotecnología; la ciencia de datos, la computación e inteligencia artificial y las tecnologías de base (TIC, IoT, robótica). Todas estas tecnologías aplicadas a estos cuatro sectores.

El predio contará con espacio para el sector privado y público, con edificios dedicados a la ciencia y tecnología, centro de convenciones, centro de formación y actualización profesional, observatorio tecnológico PyME, centro de articulación interuniversitario y espacios de trabajo, entre otros.

Por último, se seleccionó junto al director del Centro de Investigación, Docencia Y Extensión en Producción Agropecuaria (C.I.D.E.P.A.), una porción del campo experimental de la Universidad Nacional de Luján para la toma de imágenes, con el fin de generar un mosaico que muestre las producciones que se encuentran en el campo experimental y que se pueda aplicar la tecnología posteriormente a los productores frutihortícolas del partido mediante el

uso de sistemas de información geográfico dentro del programa de apoyo a la creación de centros locales de innovación y cultura.

Un resumen con los puntos a relevar se puede observar en la Figura N°2.

Figura N°2: Enumeración de los sitios relevados

SITIO DE INTERÉS	DENOMINACIÓN	USO DEL SUELO	SUPERFICIE
N° 1	CASCO HISTORICO BASILICAL MAS AREA RIBEREÑA	URBANO	24 Ha.
N° 2	LOTE PARA PARQUE DE CONOCIMIENTO APLICADO “LUJÁN TEC”	SEMI URBANO	5,8 Ha.
N° 3	CAMPO EXPERIMENTAL UNLU	RURAL	32 Ha.
SUPERFICIE TOTAL			61,8 Ha.

Fuente: Producción Propia

Materiales

Hardware:

- Computadora con procesador Intel I5-8400, 16 Gb de memoria RAM y placa de video Nvidia RTX 3060.
- Drone DJI, modelo “mini SE”, con un peso de 249 gr, cámara de 12 megapíxeles con sensor de apertura 1/ 2,3”, resolución máxima de 2,7K, autonomía máxima de 30 minutos por batería (DJI Global, 2023).

Software:

- “Pix4D” aplicado al procesamiento de las imágenes, ampliamente utilizado en el ámbito de la fotogrametría y realización de mosaicos fotográficos.
- “DroneHarmony” aplicado en planificación y vuelo del drone, permite planificar vuelos de diversos modelos de drones y controlar el drone en estos vuelos planificados.

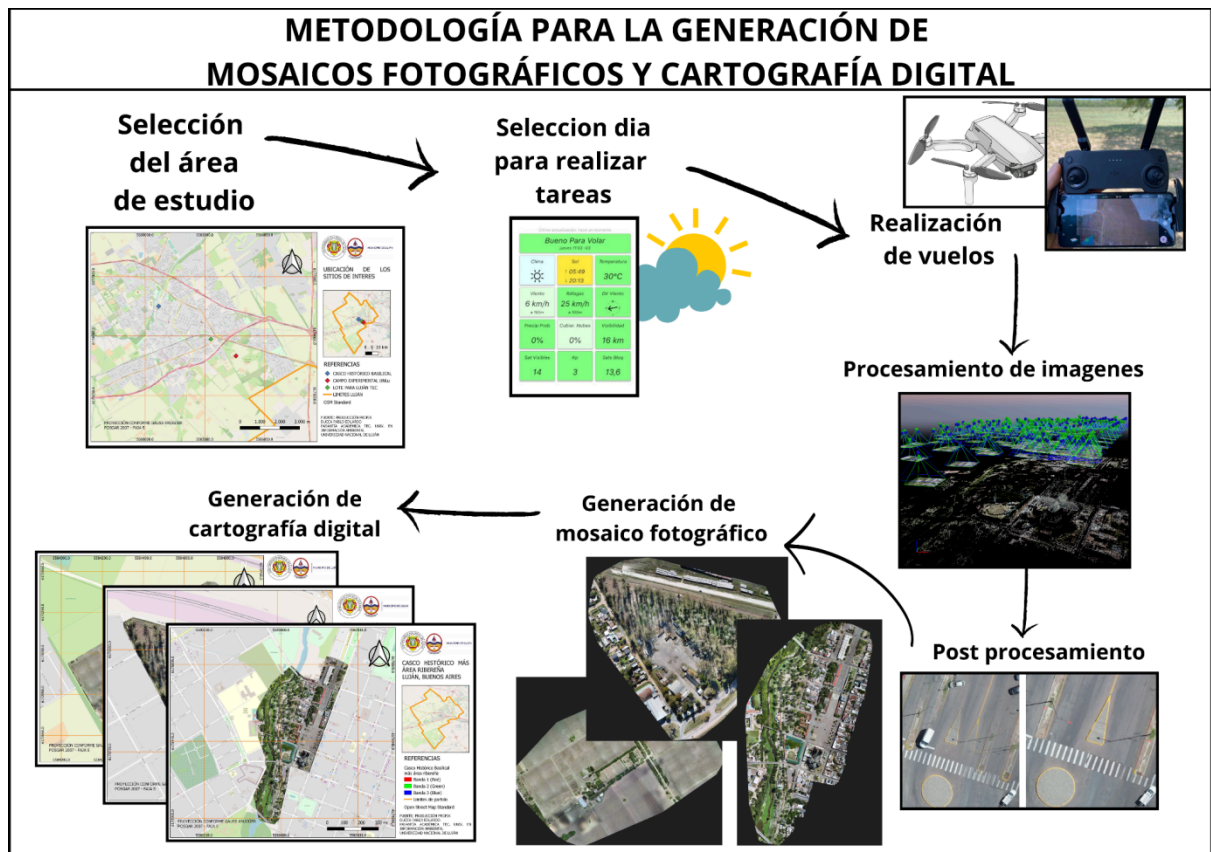
- “UAV Forecast” aplicado para la selección y corroboración de condiciones atmosféricas al momento de realizar los trabajos correspondientes, permite ver en tiempo real parámetros como por ejemplo velocidad del viento a diversas alturas.
- qGis v3.28 aplicado en la composición de la cartografía resultante.

Métodos

En este apartado se incluyen los aspectos metodológicos que se realizaron durante la generación de los productos fotográficos. Además, dado el carácter, abocado a la gestión pública, de este trabajo, se incluyeron a manera de guía protocolar los pasos metodológicos (Figura N°3) para ser replicados en otros sitios de acuerdo a las necesidades del Municipio.

Este apartado tiene en cuenta no solamente los pasos realizados para la generación de los productos fotográficos, sino que también pretende aportar al municipio desde el punto de vista de las acciones que se deben desarrollar para la correcta realización de este tipo de relevamientos.

Figura N°3: Proceso metodológico simplificado para llevar a cabo las tareas.



Fuente: Producción Propia

Planificación preliminar de vuelos

Para la planificación de los vuelos se utilizó la aplicación para Android “DroneHarmony” que permite realizar planes de vuelo para drones con características similares al utilizado en este trabajo y seleccionar los seteos correspondientes para optimizar la batería del dron. De esta manera se pueden tomar las imágenes necesarias para realizar un mosaico fotográfico, setear la velocidad de vuelo, la dirección de vuelo, altura, traslape y solape de las imágenes y conocer el tiempo de vuelo.

Preparación de equipos

En esta etapa se deben ajustar los detalles que permitirán, en campo, tomar las imágenes de manera correcta y ordenada.

Para ello será necesario:

- Chequear las baterías cargadas del dron,

- Chequear la tarjeta de memoria SD con capacidad suficiente para capturar todas las imágenes,
- Verificar el correcto funcionamiento del dron,
- Conseguir el operador y si es posible un asistente para el vuelo

Selección del día para realizar tareas

Para el levantamiento de las imágenes se deben seleccionar días con condiciones climáticas específicas que permitan el sobrevuelo del dron de forma segura y optimizada.

Los vuelos correspondientes se deben realizar en momentos con bajo porcentaje de cobertura de nubes y con vientos leves acordes a las especificaciones de máxima exposición a vientos del fabricante del dron. El momento del día seleccionado para la toma de imágenes debe ser más cercano al mediodía solar del momento, evitando de esta manera la pérdida de información por sombras proyectadas por árboles y edificios.

Relevamiento

Luego de la planificación, se procede al área seleccionada para llevar a cabo las tareas, anteriormente mencionadas, en campo. Implica realizar los vuelos necesarios en donde se capturarán las fotografías aéreas necesarias del área de estudio. Durante estos vuelos, se asegurará realizar la cobertura fotográfica de toda el área seleccionada. Estas imágenes serán las que posteriormente se utilizarán para la generación de los mosaicos fotográficos.

Trabajo en computadora

a. Descarga

La descarga de las imágenes se realiza extrayendo la memoria SD insertada en el dron, conectándose a la computadora en la que se realizará el procesamiento de las imágenes, seleccionando y guardando las imágenes correspondientes.

b. Procesamiento

Para el procesamiento y realización de los mosaicos fotográficos se seleccionó el software Pix4D en la versión mapper, utilizando el periodo de pruebas ya que este es un programa de código no libre. Este software se seleccionó por encima de otros debido a que se tienen conocimientos previos debido a la realización de cursos extracurriculares en donde aprendí a realizar mosaicos y utilizar otras funciones del programa.

c. Postprocesamiento

El postprocesado de imágenes se refiere a las técnicas y procesos que se utilizan para mejorar imágenes luego de ser capturadas y con el procesamiento previo. Estas técnicas, minuciosas, se realizan con el objetivo de corregir imperfecciones dentro del mosaico, ajustar la apariencia visual y realizar algunos cambios como quitar vehículos para mejorar la calidad final

Generación de cartografía en formato digital

La generación de cartografía consiste en generar mapas utilizando las imágenes obtenidas como resultado de las tareas anteriores. Serán parte de los productos finales.

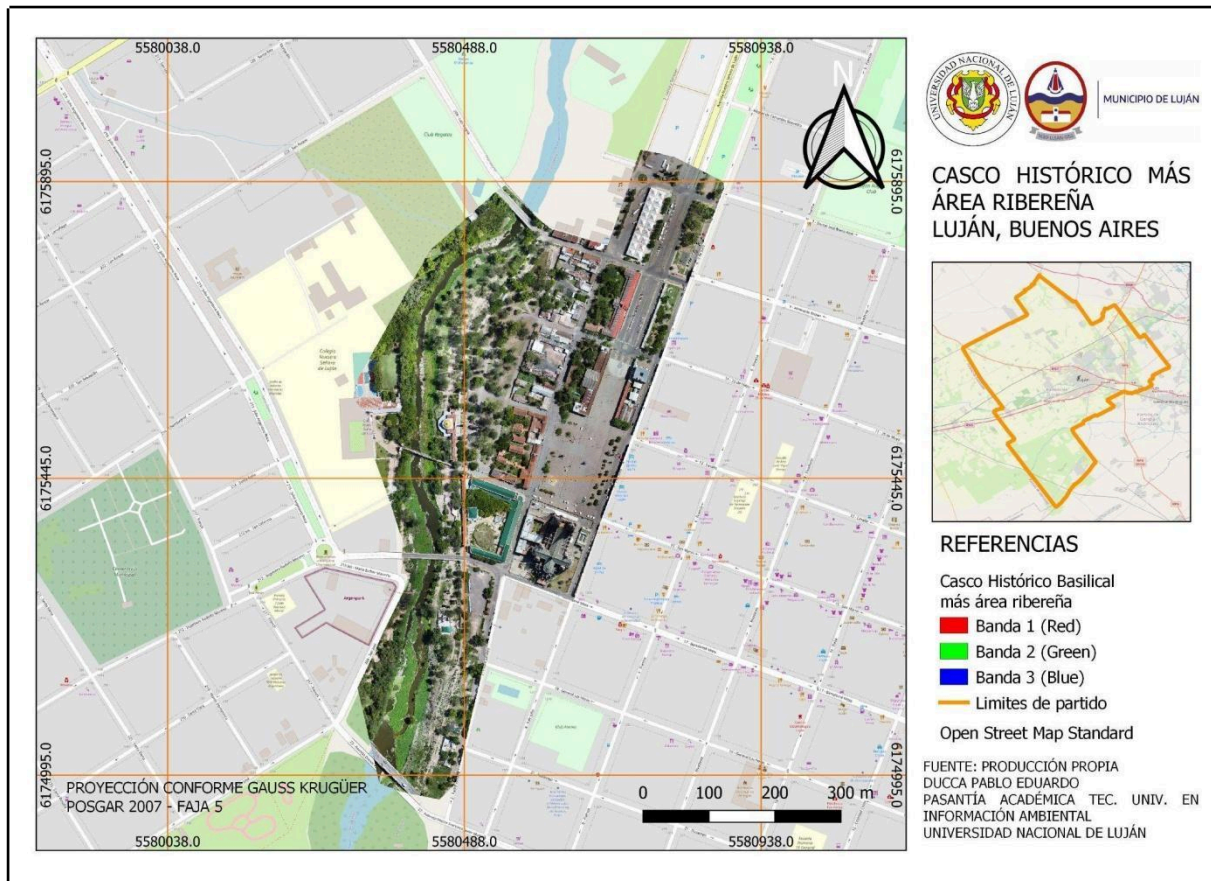
Resultados

Generación de cartografía digital resultante

Se utilizó el software de código libre QGIS para la realización de la cartografía digital. Para ello, la proyección cartográfica seleccionada y utilizada fue la adoptada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) POSGAR 2007 (Posiciones Geodésicas Argentinas 2207) en su faja 5, esta fue seleccionada en particular por ser la aplicada como estándar nacional tanto por el IGN como por el IDERA (Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina). Terminada la cartografía, se descargaron los mapas en formato imagen y pdf para la entrega en la Subsecretaría de Producción de la Municipalidad de Luján.

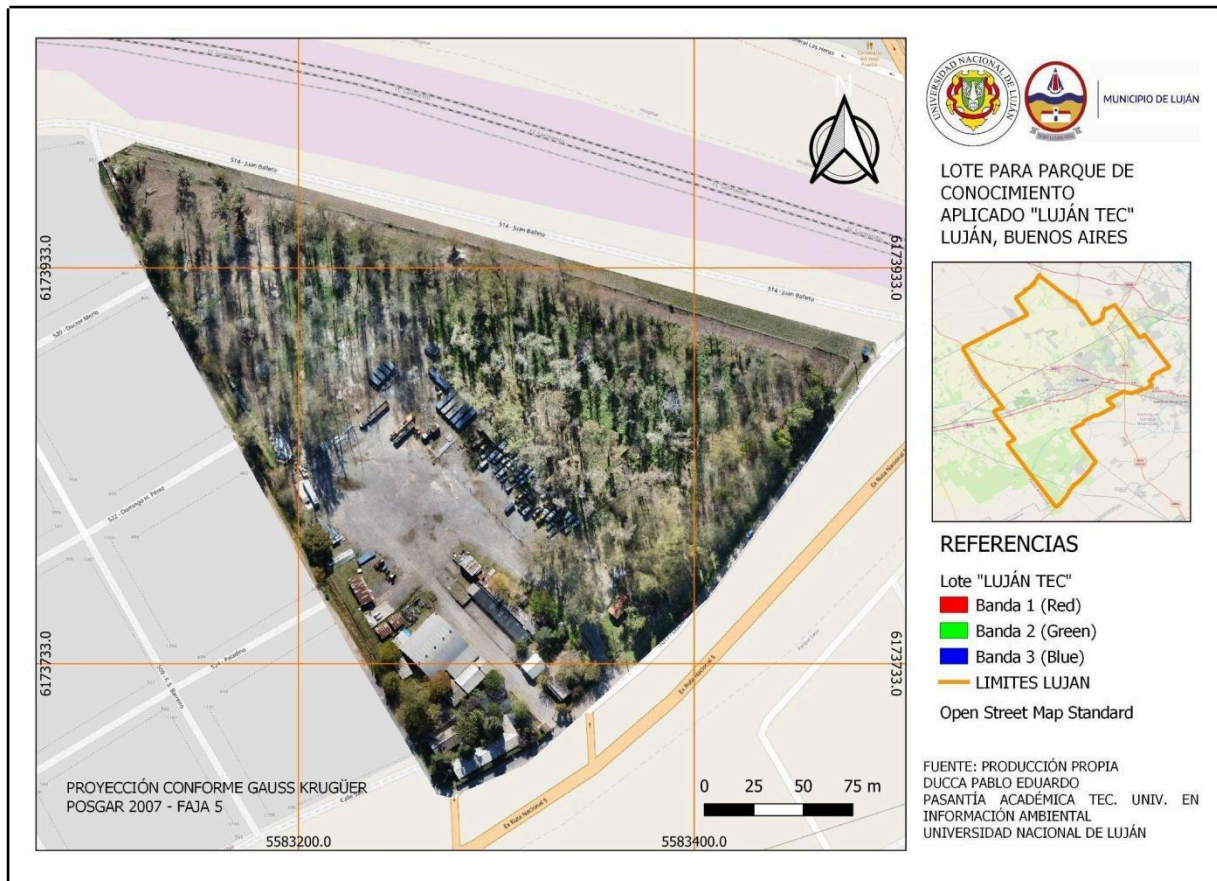
A continuación, en la Figura N°4, Figura N°5 y Figura N°6 se presentan los mosaicos fotográficos obtenidos y sus mapas correspondientes.

Figura N°4: Mapa del “Casco Histórico más área Ribereña”



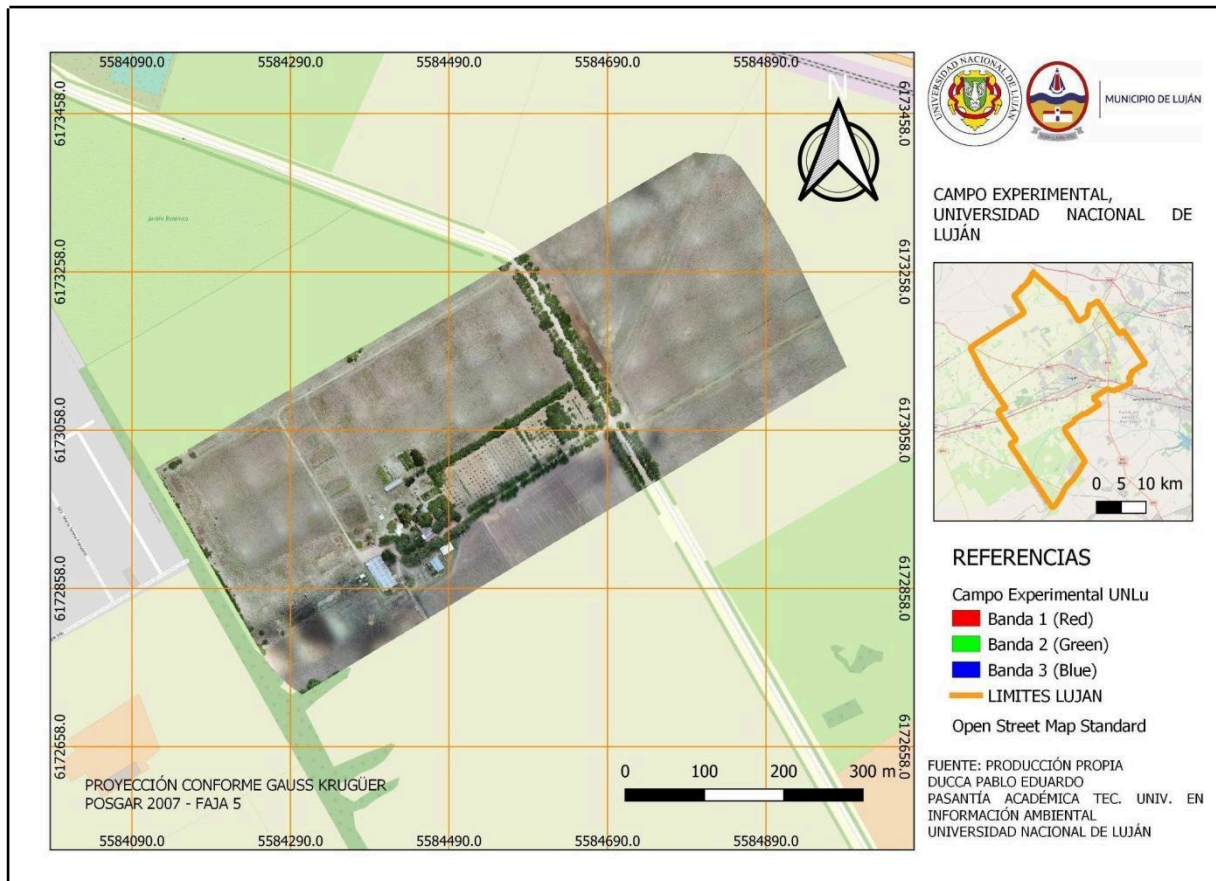
Fuente: Producción Propia

Figura N°5: Mapa de “Lote para parque de conocimiento aplicado Luján TEC”



Fuente: Producción Propia

Figura N°6: Mapa del “Campo experimental de la Universidad Nacional de Luján”



Fuente: Producción Propia

Conclusiones

El uso de drones para la cartografía y la producción de imágenes está revolucionando la gestión territorial y la formulación de políticas públicas. Las imágenes de drones proporcionan una vista detallada y en tiempo real de los espacios geográficos, lo que facilita un análisis más preciso y actualizado de las condiciones del terreno. Esto es especialmente valioso en áreas como la planificación urbana, la gestión de recursos naturales y la respuesta a emergencias. En el ámbito de la gestión territorial, las imágenes de drones permiten una monitorización continua y detallada de los cambios en el paisaje, la identificación de áreas vulnerables y la evaluación del impacto de las intervenciones humanas. Estas capacidades mejoran significativamente la toma de decisiones, permitiendo una planificación más eficiente y sostenible.

En cuanto a las políticas públicas, el acceso a datos visuales precisos y actualizados a través de drones puede mejorar la transparencia y la rendición de cuentas. Los responsables de formular políticas pueden basar sus decisiones en evidencia visual concreta, lo que aumentará

la confianza pública en las acciones del gobierno. Además, los dispositivos visuales como las imágenes de drones pueden ser herramientas poderosas para la comunicación y la educación pública, facilitando una comprensión más clara de los desafíos y las oportunidades territoriales.

Entre las ventajas que este trabajo evidenció del uso de la tecnología se pueden destacar los tiempos de reacción, y el alto nivel de detalle de los productos. Los tiempos de reacción hacen referencia a la puesta en marcha y aplicación en campo. Esto favorece la utilización de fotografías cenitales ante situaciones de emergencias en la que el municipio es uno de los primeros actores estatales en intervenir, por ejemplo, ante eventos de inundaciones o incendios. Esto se encuentra relacionado al acceso de zonas complejas, donde el dron ofrece una ventaja sustancial. La posibilidad de visitar una zona en periodos de tiempo muy cortos, cada pocas horas o días, le permite al técnico que aplique estas tecnologías la realización de estudios inter temporales precisos.

Sin embargo, las principales limitaciones se refieren a los sensores montados, las condiciones climáticas y los tiempos de vuelo. La primera de ellas, hace referencia a la falta de sensores que permitan obtener imágenes en bandas del espectro electromagnético más allá del rango visible, como por ejemplo sectores del espectro como infrarrojo medio e infrarrojo cercano. Esta carencia limita su aplicación en agricultura, como por ejemplo la aplicación de índices de vegetación como el NDVI. Las opciones actuales que se encuentran en el mercado encarecen mucho el producto final. Las condiciones atmosféricas al momento de volar (ráfagas de viento, lluvias, temperaturas y cobertura nubosa) representan otro claro limitante a la hora de realizar las tareas ya que los drones comerciales del estilo utilizado en este trabajo necesitan días sin registro de precipitaciones, con cobertura nubosa tendiente a 0% y temperaturas agradables tanto para el operador como las recomendadas dentro del rango térmico de uso de las baterías de la aeronave. La limitante de las baterías es otro de los aspectos a tener en cuenta por lo cual las campañas deben ser cuidadosamente programadas. Por último, el uso del software Pix4D “Mapper” en su fase de prueba (14 días) hizo posible realizar esta tarea desde una computadora. Sin embargo, existen licencias de Pix4D “Fields” o “Cloud” que posibilitan que los tiempos de procesamiento bajen considerablemente, ya que estos trabajan en la nube.

Con todo ello es necesario destacar que, si bien la aplicación de tecnologías de la información geográfica dentro de la gestión pública municipal no es nueva, los avances tecnológicos en el

campo permiten generar información e insumos de manera constante. De esta manera las autoridades responsables de la toma de decisiones cuentan con información actual, oportuna y precisa para la gestión territorial. Sin embargo, esto supone, por un lado, mantener equipos municipales formados en estas tecnologías y, por otro lado, sostener una infraestructura adecuada.

Como se vio en este trabajo el uso de imágenes de drones puede modernizar significativamente los procesos de planificación en diversas áreas. En el ámbito del catastro, las imágenes de drones permiten una actualización precisa y rápida de datos sobre propiedades y terrenos, facilitando la creación y actualización de mapas catastrales con mayor precisión y en menos tiempo que los métodos tradicionales. Además, los drones permiten identificar rápidamente cambios en el uso del suelo, construcciones no registradas y modificaciones en las propiedades, mejorando la exactitud del catastro.

En la producción hortícola, los drones pueden capturar imágenes detalladas de los campos, permitiendo a los agricultores monitorear la salud de los cultivos, detectar enfermedades y plagas, y evaluar el estado del suelo. El análisis de estas imágenes también ayuda a optimizar el uso de agua, fertilizantes y pesticidas, aumentando la eficiencia y sostenibilidad de la producción hortícola. Para la gestión de áreas ribereñas, las imágenes de drones permiten un seguimiento constante de la salud de los ecosistemas ribereños, detectando erosión, sedimentación y cambios en la vegetación. En el ámbito turístico, los drones pueden crear mapas detallados y actualizados de las áreas de interés, ayudando en la planificación y desarrollo de infraestructuras turísticas. Finalmente, en la planificación de áreas industriales o de crecimiento urbano, las imágenes de drones proporcionan datos precisos para la evaluación de terrenos, permitiendo una mejor planificación de infraestructuras y servicios. También ayudan a monitorear el progreso de la construcción y a gestionar el uso del suelo de manera eficiente, asegurando un desarrollo urbano sostenible y ordenado.

Bibliografía

ANAC (2019) – Administración Nacional de Aviación Civil. Resolución ANAC 880/2019 (y su rectificatoria RES 885/2019 vigente desde el 1/1/2021).

Anselmo, Julieta & Di Franco, Leonardo & Feijoó, Claudia. (2020). *Interpretación visual de imágenes satelitales: Cuencas hídricas y calidad de agua*. Geografía y Sistemas de Información Geográfica.

Cabezos, P., & Cisneros, J. (2012). Fotogrametría con cámaras digitales convencionales y software libre. *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 20(1), 88-99.

- Chuvieco, E. (1995) *Fundamentos de teledetección espacial*. Segunda edición. Ediciones RIALP.
- DJI, Global (2023) *Manual de usuario de DJI mini SE*. https://dl.djicdn.com/downloads/mini-se/20210630R/DJI_Mini_SE_User_Manual_v1.0_ES.pdf
- Garcillar Lallana, M.A. y Tizze Batista, F. (2019) Uso de la tecnología UAV en el marco de un proyecto urbanístico de escala media con fines de Ordenamiento Territorial. Proyecto de Grado para obtener el título de Ingeniero Agrimensor. Universidad de la República Uruguay.
- Gobierno de la provincia de Buenos Aires (2021) *Reapertura del complejo Enrique Udaondo en Luján*. https://www.gba.gob.ar/cultura/noticias/reapertura_del_complejo_enrique_udaondo_en_luj%C3%A1n
- Gómez-Candón, D., de Castro, A. I., & López-Granados, F. (2014). Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for precision agriculture purposes in wheat. *Precision Agriculture*, 15(1), 44-56.
- Grenzdörffer, G. J., Engel, A., & Teichert, B. (2008). The photogrammetric potential of low-cost UAVs in forestry and agriculture. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII, 1207-2014.
- Guler, T. N. (2022). La Industria de los Drones en la Argentina. Oportunidades para su Desarrollo. Ministerio de Desarrollo Productivo. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/33_-_drones_-_arg._productiva.pdf.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, (2023), *Mapa de población por departamento, partido o comuna. Total del país*. 2022. https://censo.gob.ar/index.php/mapa_poblacion2/
- Iglesias, A., & Lanson D., (2010), *Significado del turismo de peregrinación para el desarrollo local. Caso de las peregrinaciones a la basílica nacional de Nuestra Señora de la Pura y Limpia Concepción del río Luján, provincia de Buenos Aires, Argentina*. ROTUR Revista de ocio y turismo, 3: 113-148. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/8475>
- Izquierdo Perez, R., & Orellana, D. (2016) *Fotografía aérea de bajo costo y sus posibles aplicaciones en geomática*. Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5285>
- Jiménez-Jiménez, S. I., Ojeda-Bustamante, W., Ontiveros-Capurata, R. E., Flores-Velázquez, J., Marcial-Pablo, M. J., & Robles-Rubio, B. D. (2017). Quantification of the error of digital terrain models derived from images acquired with UAV. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 9(2), 85-100
- Quispe, O. (2015). Análisis de GSD para la generación de cartografía utilizando la tecnología drone, huaca de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM*. 18 (36), 21 – 26)
- Quirós Linares, F., & Fernández García, F. (1996). *Los orígenes de la fotografía aérea en España*. El Servicio de Aerostación Militar (1896-1913). *Eria*, (41), 173–188. <https://doi.org/10.17811/er.0.1996.173-188>
- Saez Paredes, D. y A. Beltrán Noguera (2015) Aplicaciones cartográficas. En: *Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil*, pp. 67-76. Dirección General de Industria, Energía y Minas de la comunidad de España.
- Tamminga, A., Hugenholtz, C., Eaton, B., & Lapointe, M. (2014). Hyperspatial remote sensing of channel reach morphology and hydraulic fish habitat using an unmanned aerial vehicle (UAV): A first assessment in the context of river research and management. *River Research and Applications*, 31(3), 379-391.