

APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA GNSS Y VANT EN EL ESTUDIO DEL TERRENO (BASE ANTÁRTICA “VICECOMODORO MARAMBIO”)

Fecha de recepción: 27 de diciembre de 2024

Fecha de aceptación: 28 de febrero de 2025

TC. OIM. Nazareno Eduardo Luis Ampuero ¹

Resumen: “Alcanzar y mantener la capacidad logística que permita brindar apoyo a las actividades de investigación científica de institutos nacionales, extranjeros e internacionales, que realicen en el continente antártico, a fin de contribuir al cumplimiento de las tareas del organismo superior”. Esta es la misión de la Base “Vicecomodoro Marambio” en el Sector Antártico Argentino, razón por la cual, este artículo presenta el desarrollo de las actividades ejecutadas por un grupo de técnicos del Ejército Argentino con la finalidad de realizar el estudio planialtimétrico de la pista de aterrizajes de esta base antártica, mediante la utilización de tecnología satelital (GNSS) y vehículos aéreos no tripulados (VANT), de manera de mantenerla operativa, especialmente durante la época estival.

Palabras clave: planialtimetría, GNSS, permafrost, RTK, Modelo Digital de Terreno, escurrimiento, VANT.

APPLICATIONS OF GNSS AND UAV TECHNOLOGY IN TERRAIN SURVEYING (ANTARCTIC BASE ‘VICECOMODORO MARAMBIO’)

Abstract: “Achieving and maintaining the logistical capacity that enable to provide support to the scientific research activities conducted by national, international, and foreign institutions on the Antarctic continent in order to aid in the accomplishment of the tasks of the superior organism.” This is the mission of Base “Vicecomodoro Marambio” in the Argentine Antarctic Sector. In consequence, the

¹ Oficial Ingeniero Militar del Ejército Argentino, con especialidad Geógrafo y Agrimensor. Actualmente se desempeña en la Dirección de Ingenieros e Infraestructura del Ejército de Argentina. Correo: nazarenoelampuero@gmail.com



following article presents the development of the activities carried out by a group of Argentinean military technicians with the aim of conducting a planimetric study of the base's Antarctic runway, using satellite technology (GNSS) and Unmanned Aerial Vehicles (UAV), with the intention of maintaining its operability, particularly during the summer months

Key words: *planimetry, GNSS, permafrost, RTK, Terrain Digital Model, runoff, UAV.*

1. INTRODUCCIÓN

“La geografía es la ciencia que nos permite saber exactamente cuántos kilómetros de Patria debemos amar. Ni uno más ni uno menos.”

Jaume Perich

La Base Antártica “Vicecomodoro Marambio”, dependiente del Comando Conjunto Antártico es operada por la Fuerza Aérea Argentina y es la principal puerta de entrada de la logística argentina en la Antártica y desde ella se despliega el mayor número de campamentos científicos durante la Campaña Antártica de Verano.

Su nombre honra al piloto de la Fuerza Aérea Argentina, Gustavo Argentino Marambio, que en 1951 voló con el avión Avro Lincoln “Cruz del Sur” desde Río Gallegos hasta la Base San Martín, realizando un aerolanzamiento para su reaprovisionamiento de emergencia.

La historia de la base comienza en noviembre de 1968 cuando la Fuerza Aérea realiza estudios de los suelos sobre la meseta de la isla Seymour, situada en el Mar de Weddell, con el fin de instalar una base sobre ella, debido a la necesidad de contar con una pista de aviación operable durante todo el año para aparatos con ruedas.

El 30 de agosto de 1969, un grupo de trabajo de la Fuerza Aérea Argentina, denominado “Patrulla Soberanía”, instaló un campamento sobre la meseta y comenzó la construcción de la pista. Luego de algunas semanas de trabajo, un avión DHC-2 Beaver aterrizaba en la pista de 300 metros de largo. Para fines de octubre de ese año se alcanzaron los 800 metros y un avión Fokker F-27 despegó de Río Gallegos aterrizando en Marambio, siendo esta la primera aeronave que, procedente de otro continente, aterrizaba y despegaba en la Antártica utilizando tren de aterrizaje convencional. El 11 de abril de 1970 se logró un nuevo hito cuando el primer C-130 Hércules aterrizó con ruedas en la nueva base.



Además de su importancia logística, la Base Marambio se ha constituido en un polo de actividad científica. En sus instalaciones el Servicio Meteorológico Nacional brinda un completo estudio de las condiciones meteorológicas de la zona como parte de la red mundial de meteorología, contribuyendo también a través de radiosondeos meteorológicos y de la capa de ozono, de radiación solar y análisis nuboso de la atmósfera.

En la base desarrolla su labor científica el personal de la Dirección Nacional del Antártico-Instituto Antártico Argentino (DNA-IAA), que durante todo el año y especialmente en verano es distribuido, por medio de aviones y helicópteros de la Fuerza Aérea Argentina, a las zonas de estudio e instalación de campamentos que realizan trabajos de estratigrafía, sedimentología, glaciología, criología, petrografía, biología, arqueología histórica y paleontología, la cual ocupa un rol destacado debido a la riqueza de restos fósiles en la isla.

El Laboratorio Antártico Multidisciplinario Marambio (LAMBI), que forma parte de la base, inició sus actividades en 1994 y en él se obtienen registros de ozono en un programa conjunto con el Instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial de España (INTA).

En la vecina isla se realizan tareas de recuperación, conservación y restauración de la cabaña construida en 1902 por la Expedición Antártica Sueca de Otto Nordenskjöld, en la que inveró el alférez José María Sobral y que hoy es el Sitio y Monumento Histórico SMH N° 38 del Tratado Antártico, gestionado por Argentina y Suecia. (Fuentes: Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto – Fundación Marambio).

2. DESARROLLO

Si bien la Base Marambio está emplazada sobre una meseta, es importante resaltar que, durante las temporadas estivales, el funcionamiento de la pista denota complicaciones con temperaturas que superan los 2 °C, dado que es un terreno denominado *permafrost*.

El *permafrost* (su etimología viene del inglés *perma-*, de *permanent*, 'permanente', y *frost*, 'escarcha', 'congelado') es la capa de suelo bajo la superficie de la Tierra que ha permanecido congelada ininterrumpidamente durante al menos dos años consecutivos y, en la mayoría de los casos, durante cientos o miles de años (Zarza, s.f.).

En las zonas no cubiertas por el hielo, existe una capa de suelo, roca o sedimento, que se congela y descongela anualmente y se denomina «capa activa». El grosor



de la capa activa varía según la estación, pero tiene entre 0,3 y 4 metros de espesor (Portillo, 2024).

Esto da como resultado en verano que la superficie de rodamiento para las aeronaves sea inestable y hasta cierto punto inaccesible debido a la pérdida de rigidez de la mezcla de tierra y agua por el afloramiento del *permafrost*.



Foto N° 1: Levantamiento RTK.

Fuente: Elaboración propia.

2.1. Misión de la Comisión de Trabajo

Al ser la Base “Vicecomodoro Marambio” el principal punto de apoyo argentino, a través del transporte aéreo, con capacidad para brindar a las bases antárticas, durante todo el año, evacuación sanitaria, búsqueda y rescate, traslado de personal y cargas, y lanzamiento de cargas y correspondencia; el departamento Obras en Apoyo al Desarrollo Nacional (ODENAC), dependiente de la Dirección de Ingenieros e Infraestructura del Ejército Argentino, envió una comisión de trabajo a esta base con el objeto de ejecutar relevamientos planialtimétricos tendientes a realizar actividades y operaciones de mantenimiento de la pista de aterrizaje.

2.2. Personal y medios

Para realizar dicha actividad el Grupo de Topógrafos, (TC OIM Nazareno Ampuero (Ing. Geógrafo), el SA TG Luis Martínez Quiñones (Técnico Geomático) y el SA TG



Matías Gutiérrez (Técnico Geomático), utilizaron equipos de medición de precisión geodésica (GNSS-Global Navigation Satelital System) con precisiones en valores de latitud (Y), longitud (X) y cota (Z) del orden del milímetro, permitiendo obtener una representación fiel del terreno y facilitar su estudio (Foto N° 2).



Foto N° 2: Levantamiento planialtimétrico con GNSS.

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Desarrollo de la actividad

La actividad principal, detallada en este artículo, es en la forma y metodología empleada en todo el levantamiento planialtimétrico del terreno y su posterior representación y explotación.

Convendría preguntarnos primero: ¿qué es un levantamiento planialtimétrico?

Un levantamiento planialtimétrico consiste básicamente en el conjunto de operaciones topográficas que se requieren para la determinación de las coordenadas espaciales (X,Y,Z) (Figura N° 1), posiciones y altura, de todos los puntos que representan hechos físicos existentes (morfología del terreno, anchos de calles, columnas, construcciones, entre otros) y que sirven para su representación en un plano.

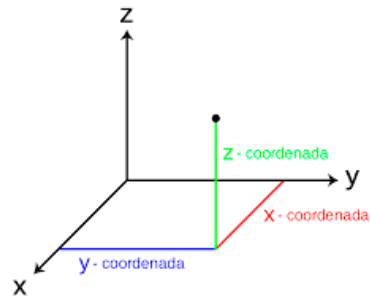


Figura N° 1: Determinación de coordenadas X e Y planimétricas y coordenada Z, altimétrica.
Fuente: Elaboración propia.

2.4. Utilización de la tecnología GNSS

GNSS se refiere al Sistema Global de Navegación por Satélite y se emplea para referirse a cualquier sistema de navegación por satélite con alcance mundial. Los sistemas de navegación por satélite envían datos de geolocalización de alta exactitud a los dispositivos y receptores GNSS para establecer su posición actual.

En la mayor parte del planeta es común referirse a la navegación mundial como GPS (Sistema de Posicionamiento Global). En términos prácticos, el GPS es un sistema especial originado en América del Norte y, a pesar de que existe un incremento en la cantidad de sistemas de navegación por satélite accesibles para el público global (GLONASS de Rusia, GALILEO de la Unión Europea, BEIDOU de China, QZSS de Japón (regional), IRNSS NAVIC en India (regional)), se aconseja emplear el término GNSS para referirse a todos los sistemas, dado que es el vocablo más emblemático a nivel internacional (Figura N° 2).

Sistema	GPS	GLONASS	BeiDou	Galileo	NAVIC
Pais	EEUU	Rusia	China	UE	India
Número de satélites	32 (mínimo 24 por diseño)	28 (mínimo 24 por diseño)	5 [GEO] 30 órbita media	26 en órbita, 22 operativos	7 en órbita (total 7 satélites)
Periodo	11 h 58 min	11h 16 min	12 h 38 min	14 h 5 min	
Estado	Operativo	Operativo	Operativo	Operativo	Operativo

Figura N° 2: Los cuatro sistemas GNSS mundiales son: GPS (Estados Unidos), GLONASS (Rusia), Galileo (UE) y BeiDou (China). Además, hay dos sistemas regionales: QZSS (Japón) e IRNSS o NAVIC (India).

Fuente: GEOMATAS.

El equipo geodésico de alta precisión utilizado en esta oportunidad fueron dos sistemas de posicionamiento geodésico de la marca Trimble modelo R10 (Foto N° 3).



Dichos sistemas se componen fundamentalmente de dos partes bien diferenciadas: base y móvil (o Rover).



Foto N° 3: Posicionador geodésico GNSS marca Trimble modelo R10.
Fuente: Runco S.A - <https://www.runco.com.ar>

2.5. ¿Qué es un posicionador geodésico?

Para crear y desarrollar soluciones topográficas de alta precisión, con alta velocidad de ejecución y con aplicaciones en diferentes áreas como la industria, obras públicas, minería, caminos, etc., se han podido combinar tecnologías a través del posicionamiento satelital (Global Positioning System) de precisión geodésica (milimétrica o centimétrica), dando origen a este tipo de posicionadores (Foto N° 4).



Foto N° 4: Posicionador geodésico GNSS marca Trimble modelo R10.
Fuente: Elaboración propia.

El Sistema de Posicionamiento Global, también conocido como GNSS (Sistema Global de Navegación Satelital, por su sigla en inglés de Global Navigation Satellite System), es capaz de localizar con gran precisión, mediante el uso de constelaciones satelitales mundiales y en cualquier parte del globo terráqueo, una antena de receptor geodésico. Esta tecnología geodésica ha permitido la creación de aplicaciones topográficas, mejorando ampliamente los valores obtenidos con un navegador satelital común del orden del centímetro sin correcciones externas.



El rastreo satelital avanzado con más de 650 canales GNSS no solo mejora la recepción de la información, sino que posee una protección mejorada contra fuentes de interferencia y señales falsas.

2.6. Medición estática de un punto fijo

Para la medición de las coordenadas precisas planimétricas de un punto fijo es necesario la puesta en estación de una base GNSS sobre el mismo por un plazo de tiempo no menor a dos horas.

La antena base se colocó sobre una estaca de acero de 2 metros de largo, midiendo en forma estática durante 2 horas, tomando datos de los satélites cada 1 segundo. La finalidad fue obtener mayor redundancia y disminuir el error. Los valores obtenidos son del orden del centímetro en las tres coordenadas (X, Y y Z) (Foto N° 5).



Foto N° 5: Antena base sobre una estaca de metal.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se corrigen los datos y se eliminan errores propios de medición con un software apropiado y mediante el cálculo por mínimos cuadrados, relacionando la posición de dicha base con una antena del sistema RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continua), la cual fue instalada por el IGN (Instituto Geográfico Nacional) en la isla Seymour. Dicha antena RAMSAC toma datos de su ubicación cada 5 segundos durante todo el año en forma ininterrumpida, de manera que sus valores de coordenadas son muy precisos y nos permiten corregir los datos de nuestra base y obtener valores de coordenadas en nuestra estaca del orden del milímetro.



2.7. Descripción de la Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo (RAMSAC)

El Marco de Referencia Geodésico Nacional constituye la base fundamental sobre la que se apoya toda la cartografía del país. Sin marco de referencia no hay cartografía posible. Los marcos de referencia en la actualidad están siendo definidos con mucha precisión a través de las estaciones permanentes instaladas por todo el planeta, las que reciben en forma continua datos provenientes de las constelaciones de satélites NAVSTAR y GLONASS.

En consistencia con la tendencia internacional, Argentina generó un proyecto que consiste en la instalación de estaciones GNSS permanentes (Figura N° 3) que permitan contribuir a materializar el Marco de Referencia Geodésico Nacional, denominado Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo (RAMSAC), y que tiene entre sus objetivos el siguiente:

- Satisfacer requerimientos de orden técnico por parte de los usuarios de las modernas técnicas de posicionamiento satelital.

Estación	Último archivo	Fecha	Intervalo [seg]	Estado
ZSMA	ZSma2554.24d.Z	2024-09-11 10:00:00	1	ONLINE
SARO	Saro0554.24d.Z	2024-09-11 10:00:00	1	ONLINE
ABPA	abpa763a.24d.Z	2024-06-11 00:00:00	1	OFFLINE
AGCO	agco2654.24d.Z	2024-09-11	1	ONLINE
LHCL	lhcl2584.24d.Z	2024-09-11 10:00:00	1	ONLINE
LMYS	lmha2540.24d.Z	2024-05-10 00:00:00	5	SIN NOVEDAD
LNQM	lnqm329a.24d.Z	2024-05-08 22:00:00	1	SIN NOVEDAD
LPCS	lpcn2554.24d.Z	2024-09-11 09:00:00	1	ONLINE
LROS	lroa2554.24d.Z	2024-09-11 10:00:00	1	ONLINE
MBEI	mbai763a.24d.Z	2024-09-11 10:00:00	1	ONLINE
MCCO	mcc0020.24d.Z	2024-01-22 02:00:00	1	FUERA DE FUNCIONAMIENTO
MCCO	mcc0200.24d.Z	2024-09-11 08:00:00	1	ONLINE
MCAO	mca0244m.24d.Z	2024-09-02 12:00:00	1	OFFLINE

Figura N° 3: Estado de las Estaciones GNSS Permanentes de RAMSAC.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina.

2.8. Levantamiento topográfico utilizando el método RTK (real time kinematic o levantamiento en tiempo real)

La base la constituye una antena GNSS sobre un trípode con la suma de una radio y antena de transmisión. Dicha base se coloca en un punto de coordenadas conocidas



materializada, en este caso, por una estaca de acero. Por otro lado, el móvil constituido por otra antena GNSS y jalón, que facilita la determinación de las coordenadas X, Y y Z en el punto del terreno que se desee.

Inicializado el sistema, la base comenzará a tomar datos de coordenadas del punto en el que se encuentra (un valor de coordenadas cada un segundo de tiempo). El móvil a su vez determinará las coordenadas del punto adonde se coloque el jalón. Ambos (base y móvil) (Foto N° 9) reciben de la constelación de satélites (GPS, GLONASS, Beidou) la misma señal y, por ende, están detectando los mismos satélites durante la sesión de medición.



Figura N° 4: Base Station (Estación Base) / Rover (Móvil) / GNSS Satélites (Constelación Satelital).

Fuente: Elaboración propia.

Una vez instalada la base en el punto (estaca) de coordenadas ahora conocidas (X, Y, Z), se comunica con el móvil enviándole las correcciones de su ubicación en tiempo real mediante la radio. Esto proporciona precisión milimétrica en la toma de datos en cualquier lugar del terreno (Foto N° 6).



Foto N° 6: Vista de la base, móvil (o Rover) y colectora de datos.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se procede a realizar todo el levantamiento del sector seleccionado, en este caso en particular es la pista principal de aterrizaje, cuya longitud es de 1200 metros de largo y posee un ancho de 40 metros (Foto N° 7).

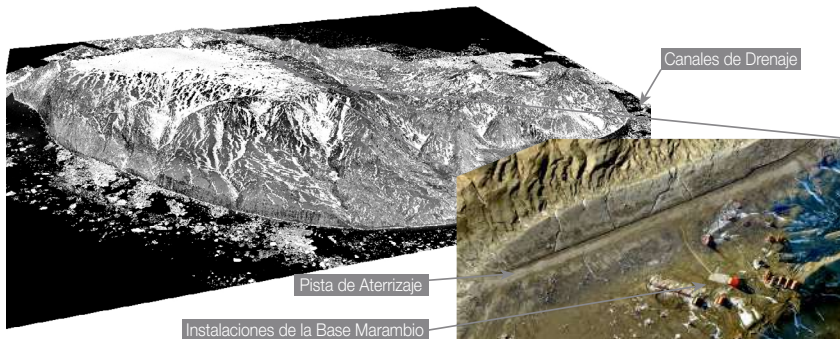


Foto N° 7: Modelo digital de elevaciones de la isla Seymour (parte superior) y fotografía aérea a color de la pista principal de aterrizaje tomada con un UAV (parte inferior).

Fuente: Elaboración propia.

La metodología del levantamiento consistió en realizar recorridos transversales (cada 10 metros de separación) y longitudinales en la pista, de manera de, en operaciones posteriores, modelar el terreno en forma digital y obtener entre otros productos: un modelo digital de elevaciones, pendientes, escurrimientos y divisorias de aguas, a los fines de facilitar el estudio y diseño de la estructura de la pista, para, posteriormente, determinar las tareas para la recuperación y mantenimiento de la misma junto con la edición y actualización de cartografía.

En la foto N° 8 observamos uno de los recorridos ejecutados con el móvil del GNSS. Cada punto en color amarillo indica la ubicación del jalón en el terreno y la determinación de sus coordenadas (latitud, longitud y cota/altitud) con precisiones de 1,5 mm en promedio.



Foto N° 8: Recorrido transversal de la antena móvil para realizar el levantamiento. Cada punto amarillo es donde se ubica el jalón de la antena móvil para obtener sus coordenadas (x, y, z).

Fuente: Elaboración propia.



2.9. Modelo Digital de Elevaciones/Terreno

Los Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) y Modelos Digitales de Terreno (MDT) facilitan la descripción de la topografía del terreno (o relieve) mediante puntos ubicados de manera uniforme en la superficie terrestre, cuya altura se relaciona con el nivel medio del mar.

La distinción principal entre los MDE y los MDT radica en que los primeros simbolizan todas las estructuras humanas (como construcciones) y la vegetación situada en el terreno tomado en cuenta. En los MDT se filtra la vegetación, las construcciones y otros componentes antrópicos situados en la superficie observada. (Figura N° 5).



Figura N° 5: Modelo Digital de Elevaciones y Modelo Digital del Terreno.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional de Argentina.

Finalizado todo el relevamiento, se procedió a reunir los datos obtenidos con los diferentes equipos GNSS. Posteriormente se modelizó el terreno (MDT) y se obtuvo información necesaria determinando el estado de la superficie de rodamiento de la pista y cabeceras junto con sus desagües. La finalidad fue determinar los procedimientos a seguir para su recuperación y mantenimiento Figuras 6 y 7.

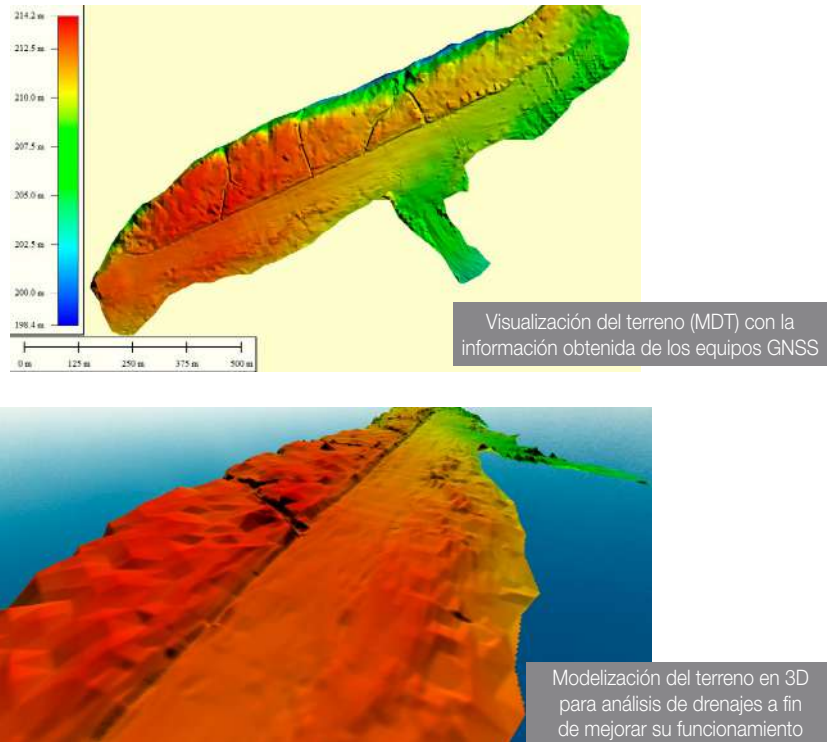


Figura N° 6 y 7: Modelización del terreno con software Global Mapper.

Fuente: Elaboración propia

2.10. Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es el área de tierra donde toda el agua que cae en ella y se drena se dirige a una salida común. Las cuencas hidrográficas pueden ser tan pequeñas como una huella o lo suficientemente grandes como para abarcar toda la tierra que drena el agua en los ríos que desembocan en los océanos (Figura N° 8).

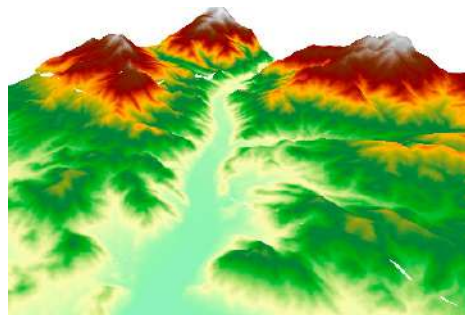


Figura N° 8: Esquema general de una cuenca hidrográfica.

Fuente: RHydro Ingenieros.



Corresponde a un área de tierra que drena todas las corrientes y las precipitaciones hacia una salida, como sería un embalse, la desembocadura de una bahía o cualquier punto a lo largo del canal de un arroyo. La palabra cuenca hidrográfica a veces se usa indistintamente de cuenca de drenaje, por este motivo las cuevas y las colinas que separan dos cuencas hidrológicas se llaman divisorias de drenaje. La cuenca hidrográfica está compuesta por agua superficial (lagos, arroyos, embalses y humedales) y todas las aguas subterráneas subyacentes. Las cuencas más grandes contienen muchas cuencas hidrográficas más pequeñas, denominadas subcuencas.

2.11. Determinación de las cuencas y subcuencas en la pista de aterrizaje

Dada la necesidad de determinar el escurrimiento de las aguas en toda la superficie de rodamiento, fue necesario delimitar las cuencas y subcuencas que se formaron a raíz de la falta de mantenimiento oportuno sobre la pista de aterrizaje, para poner a la luz los desniveles en conjunto con la dirección que tomaban las aguas, la cual no se dirigía hacia los desagües construidos para tal efecto (Figura N° 9 y 10).

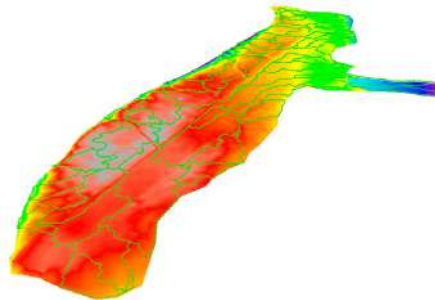


Figura N° 9: Determinación de cuencas o divisorias de aguas en la superficie de rodamiento de la pista.

Fuente: Elaboración propia.

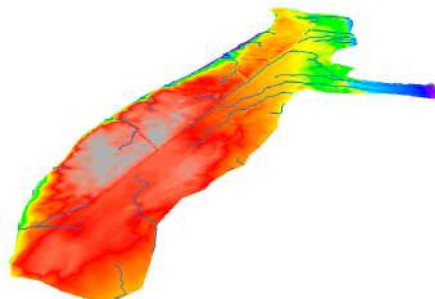


Figura N° 10: Modelización de la red de drenaje actual para determinar los trabajos de mantenimiento con los equipos viales y facilitar el escurrimiento de la pista.

Fuente: Elaboración propia.



De esta manera se obtuvieron mediante análisis de software los lugares en los cuales debían operar las máquinas viales mediante rellenos y desmontes, para dejar una superficie de rodamiento abovedada que permitiera el desagüe de agua por los canales aliviadores y facilitara de esta manera el secado de la pista de aterrizaje, permitiendo la operación de la misma durante la mayor cantidad de tiempo posible en la época estival (Foto N° 9 y 10).



Foto N° 9 y 10: Determinación de desniveles con GNSS y de los trabajos a ejecutar con las máquinas viales para permitir el escurrimiento de las aguas.

Fuente: Elaboración propia.

2.12. Fotogrametría con VANT²

La fotogrametría con drones o VANT (acrónimo de Vehículo Aéreo no Tripulado) ha cambiado la forma en que se obtienen y actualizan planos y cartografías, ya que reduce la necesidad de personal sobre el terreno, aumenta la productividad y disminuye la demanda de tiempo y costos en el proceso (Foto N° 11). En este caso en particular se utilizó un cuadricóptero marca DJI modelo Phantom 4 Advanced.

2 Fuente: <https://umilesgroup.com/fotogrametria-con-drones/>



Foto N° 11: VANT Marca DJI, modelo Phantom 4 Advanced.

Fuente: Elaboración propia.

Se podría describir la fotogrametría como un método que permite adquirir medidas exactas y modelos tridimensionales del suelo a través del estudio de imágenes aéreas. En este caso las imágenes se capturaron con drones, desde distintos puntos y ángulos para conseguir diversas perspectivas. Una vez recolectadas, se procesaron y compararon para establecer las distancias entre los distintos puntos del terreno, con el fin de obtener medidas exactas y modelos en 3D.

Esto puede realizarse mediante un programa de mapeo especializado. En esta situación específica se empleó Pix4D y AGISOFT, que identifican similitudes en las imágenes y las fusiona para obtener una representación precisa del espacio. A esto se le suma la ubicación de marcas en el terreno que son visibles en cada uno de los fotogramas, de manera de asegurar la precisión planimétrica del mosaico fotogramétrico (Foto N° 12).

Para asegurar la exactitud en la fotogrametría con drones, es imprescindible capturar imágenes desde varios ángulos, dado que una única fotografía aérea no puede emplearse como mapa fotogramétrico, ya que no se han solucionado problemas como la perspectiva y la distorsión.

Según la magnitud del proyecto, el desarrollo de un modelo fotogramétrico podría necesitar entre un par de cientos y varios miles de imágenes. La pista de aterrizaje y las áreas circundantes nos exigieron una cantidad que excedió las 3.700 fotografías. Es por ello que los drones suelen ser la forma más económica de tomar todas las fotografías aéreas que se necesitan para crear este tipo de modelos.



Foto N° 12: Mosaico aéreo elaborado mediante el procedimiento fotogramétrico.

Fuente: Elaboración propia.

3. CONCLUSIONES

La Base Marambio (latitud S 64° 14' - longitud O 56° 37'), dependiente del Comando Conjunto Antártico, es operada por la Fuerza Aérea Argentina y es la principal estación científica y militar permanente de nuestro país. Allí desarrolla su labor científica el personal de la Dirección Nacional del Antártico (DNA) y del Instituto Antártico Argentino (IAA), que, durante todo el año y especialmente en verano, tienen su punto de distribución, por medio de aviones y helicópteros de la Fuerza Aérea Argentina, a las zonas de estudio e instalación de campamentos.

Constituye el principal punto de apoyo argentino, a través del transporte aéreo, con capacidad para brindar a las bases antárticas, durante todo el año, evacuación sanitaria, búsqueda y rescate, traslado de personal y cargas.

Es por ello que es necesario e imperioso mantener la pista de aterrizaje operativa la mayor cantidad de tiempo posible, ya que permite la entrada de aviones Hércules C-130 y tareas de enlace con otras bases con aeronaves permanentes DHC-6 Twin Otter y durante el verano con un escuadrón de helicópteros Bell 212, brindando apoyo en forma ininterrumpida a la actividad científica.

Con temperaturas que oscilaban entre los 12 y 23 grados centígrados bajo cero y vientos reinantes de 17 nudos, este equipo de topógrafos puso a prueba el equipa-



miento en las condiciones más duras durante 45 días y obtuvo resultados más que satisfactorios.

El levantamiento RTK es un procedimiento de posicionamiento que emplea ajustes en tiempo real para incrementar la precisión de los datos del GNSS. A través del empleo de RTK se pudo alcanzar una exactitud subcentimétrica, lo que representa un avance considerable en comparación con los métodos topográficos convencionales, obteniendo:

- Precisión y confiabilidad: los sistemas GNSS proporcionan una precisión de milímetros en la medición de coordenadas, lo cual resulta crucial para la organización precisa de proyectos y la ejecución de estudios minuciosos del terreno.
- Versatilidad: el GNSS resulta beneficioso en una variedad de usos, que van desde la determinación de planimetría hasta facilitar la generación de MDT. Su habilidad para desempeñarse en diferentes contextos lo hace una herramienta sumamente adaptable.
- Disponibilidad ininterrumpida: en contraposición a otras técnicas de levantamiento que pueden estar sujetas a las condiciones meteorológicas, el GNSS puede emplearse en prácticamente cualquier situación climática, proporcionando una disponibilidad continua.

En cuanto al uso de un dron o VANT, a diferencia de los aviones tripulados o las imágenes satelitales, los drones pueden volar a una altitud mucho menor, lo que hace que la generación de datos de alta resolución y alta precisión sea mucho más rápida, menos costosa e independiente de las condiciones atmosféricas como la cobertura de nubes.

Los drones topográficos producen ortomosaicos de alta resolución y modelos tridimensionales minuciosos de zonas en las que existen datos de baja calidad, anticuados o incluso sin información. Así, posibilitan la elaboración y actualización de mapas de gran precisión de manera rápida y fácil, incluso en contextos complejos o de acceso complicado.

El desempeño y la clase de dron, la calidad de sus componentes, la resolución de la cámara, la altura a la que se eleve, el procedimiento y la tecnología empleados para geolocalizar las imágenes aéreas, pueden tener un impacto significativo en la precisión de la carta o mapa de los levantamientos topográficos realizados con esta tecnología. En esta etapa, se puede lograr una exactitud absoluta de hasta 1 cm / pixel, como hemos demostrado.

La tecnología GNSS representa una revolución para el sector de la topografía, ya que ofrece mayor precisión, mayor eficacia, mayor protección para el personal ante bajas temperaturas, como fue nuestro caso, y reducción de gastos.



La utilización de las nuevas tecnologías GNSS y VANT facilitaron, en tiempo y esfuerzo, la obtención de información fidedigna del terreno en estudio. La explotación de dicha información sirvió de base de estudio para continuar con las tareas a realizar para la recuperación y mantenimiento de la pista principal de aterrizaje, que consistió principalmente en:

- Limpieza de los canales aliviadores, especialmente de hielo, evitando que su acumulación se transforme en un obstáculo para el escurrimiento de las aguas.
- La determinación de marcas en el terreno, que permitieron mantener los niveles óptimos para facilitar el escurrimiento de las aguas por desnivel.
- Elaboración de un plan de uso de las máquinas viales disponibles, para mantener la rasante de la pista de rodaje conjuntamente con el abovedado que facilita el escurrimiento.
- La selección de suelo ante la necesidad de reconstitución de los niveles de las rasantes.

Todas las actividades constituyeron un gran desafío ingenieril en pos del bien de nuestro personal desplegado en ese terreno hostil y, al final de cuentas, también del continente blanco todo.

REFERENCIAS

Comunidad de Madrid. (2016). Los drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

Cueli López, J. T. (2011). Fotogrametría práctica (Practical Photogrammetry). Ediciones Tantín.

Dougherty, J. (2015). El gran mundo de los drones. Edimat.

Fotogrametría con VANT. Recuperado de: <https://umilesgroup.com/fotogrametria-con-drones/>

Fundación Marambio (s.f.). Sitio web de la Fundación Marambio. Recuperado de: <https://www.marambio.aq/index1.htm>

Gómez, J. (2012). Introducción a la fotogrametría digital: el método general de la fotogrametría digital. Procesamiento avanzado de imágenes. Universidad de Salamanca.



Journal of Global Positioning Systems. (2008). GPS RTK performance characteristics and analysis, 7(1), 1-8. Recuperado de: <https://eprints.qut.edu.au/30733/>

Portillo, G. (2024, octubre). ¿Qué es el permafrost? Renovables Verdes. Recuperado de: <https://www.renovablesverdes.com/que-es-el-permafrost/>

Scherzinger, B. M. (2000). Precise robust positioning with inertial/GPS RTK.

Thanh, T. N.; Nghiem, N. C.; Hung, T. T. & Ngon, N. C. (2016). Evaluation of real-time kinematic positioning with low-cost, single-frequency GPS/GLONASS receivers. En Proceedings of the Publishing House for Science and Technology.

Zarza, L. F. (s.f.). ¿Qué es el permafrost? iAqua. Recuperado de: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-permafrost>