

# ENIA 2024

5° Encuentro Nacional de  
Investigadores de Agrimensura

20 y 21 de noviembre de 2024  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires



## Libro de resúmenes extendidos

**Libro de resúmenes y libro de trabajos completos:**

**5° Encuentro Nacional de Investigadores de Agrimensura /**

Sebastián Balbarani... [et al.]. - 1a edición especial - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Patricia Alejandra Larocca , 2025.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-631-00-8436-7

Diseño de tapa e interior: Dirección de Comunicación Institucional de la Facultad de Ingeniería de la UBA.

Corrección y composición general: Sebastián Balbarani

1. Agrimensura. I. Balbarani, Sebastián

CDD 333.08

Editado en julio de 2025

# 5° Encuentro Nacional de Investigadores de Agrimensura

## Libro de trabajos completos **Volumen 2**

Organizado por:

- | Departamento de Agrimensura
- | Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas
- | Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires 2024

**Editores:**

- Pueyo, Rosa Isabel | Balbarani, Sebastián | Oreiro, Fernando Ariel |
- Larocca, Patricia Alejandra | Arecco, María Alejandra

# Índice - Resúmenes extendidos

## I Prefacio

*Palabras de Bienvenida al 5° Encuentro Nacional de Investigadores de Agrimensura - ENIA 2024, Dra. Rosa Isabel Pueyo y Dra. Patricia Alejandra Larocca.* ..... Pag. 05

## I Trabajos completos

<i>Uso del Derecho de Superficie en Desarrollos de Conjuntos Inmobiliarios, Norberto Frickx.</i> .....	Pag. 06
<i>Cálculo de apuntamiento y georreferenciación desde plataformas móviles, Gabriel Platzcek.</i> .....	Pag. 15
<i>Validación de Modelo Digital de Elevaciones en la Antártida, B. Deniz, F. R. Calizaya, M. N. Pose, S. R. Cimbaro y R. D. Torres.</i> .....	Pag. 22
<i>Aplicación de normas ISO 17123 para verificación y puesta en valor del instrumental topográfico del Departamento de Agrimensura de la FIUBA, A. A. Raffo y C. E. Freixas.</i> .....	Pag. 29
<i>Relevamiento Planialtimétrico, Conformación Sitio de Memoria y DDHH, A. E. Méndez y A. Prieto.</i> .....	Pag. 35
<i>Herramientas para la gestión del Bosque Urbano del Área Metropolitana de Mendoza: estrategias digitales para guiar la mejora del arbolado, A. O. Femenía, N. Testori, E. Montaña, A. Hidalgo, M. A. Ruiz, G. Picorella y M. S. Morello.</i> .....	Pag. 40
<i>Detección de áreas agrícolas inundadas utilizando imágenes Sentinel-1, S. D. Graciani, M. Brogioni y M. Corti.</i> .....	Pag. 48
<i>Red Altimétrica como instrumento de formación y evaluación, C. E. Justo, M. V. Calandra, F. Rodríguez.</i> ....	Pag. 53
<i>Actividad de formación complementaria en la carrera de Ingeniería en Agrimensura, P. Paús y J. Romano.</i> .....	Pag. 57
<i>Microgeodesia, A. O. Mangiaterra, P. J. Calvo, G. Noguera, L. L. Cornaglia y A. Del Bianco.</i> .....	Pag. 61
<i>La informalidad urbana en el Catastro municipal El caso de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, C. Bergallo, M. Schenone, A. de Aduriz, P. Pessolano, S. Lemarchand, M. Primicia, S. Wayman y J. Lodovichi.</i> .....	Pag. 66
<i>Disponibilidad actual y potencial de espacios verdes en barrios populares de Bahía Blanca. Un análisis a través de SIG. G. Rosales, K. Neuman, G. Santecchia, D. Pischel y J. Span.</i> .....	Pag. 70
<i>Procesamiento interferométrico, dos maneras de derivar el desplazamiento a partir de productos de franja ancha del sensor Sentinel-1, C. A. Gutiérrez, S. Balbarani y E. J. Goldar.</i> .....	Pag. 74
<i>Alternativa para Georreferenciación de Parcelas en Santiago del Estero, utilizando PPP-Ar, J. E. Goldar, G. N. Gerez, L. E. Ayunta, J. L. Gulotta, S. D. Corbalán, L. A. J. Moya, M. L. Becker, y D. E. Díaz.</i> .....	Pag. 78
<i>Las PPS en Agrimensura como integradora de actividades de Docencia, Extensión, Investigación y Transferencia. J. E. Goldar, G. N. Gerez, E. M. Costanzo y D. A. Sandez.</i> .....	Pag. 82
<i>Determinación de la deflexión de la vertical comparando observaciones GNSS con nivelación geométrica, G. J. Gómez, D. A. Terluk, F. L. García, M. Montilla, J. E. Sánchez, R. M. Delgado, J. A. Vázquez, F. N. Lloveras y J. P. Olivera.</i> .....	Pag. 86
<i>Análisis de la calidad posicional de productos fotogramétricos obtenidos mediante el empleo de VANTs con tecnología RTK, F. N. Lloveras Kümmel, L. M. Guirado Guzzo y J. M. Munizaga.</i> .....	Pag. 92
<i>Análisis de Precisiones de las Técnicas de Medición GNSS: RTK y NTRIP, M. Montilla, D. A. Terluk, F. L. García, G. J. Gómez, J. E. Sánchez Ventrice, R. M. Delgado Daneri, J. A. Vázquez Trotteyn, F. N. Lloveras Kümmel y J. P. Olivera Pantuso.</i> .....	Pag. 96
<i>Aplicaciones Microgeodésicas para futura auscultación de la base del radiotelescopio "CART" en la provincia de San Juan, R. A. Lagos y B. Zaniquelli.</i> .....	Pag. 104
<i>Resultados de modelos empíricos de LAT y HAT, para la región Patagónica e Islas Malvinas, M. F. de Azkue y E. E. D'Onofrio.</i> .....	Pag. 109
<i>Efectos por causas naturales sobre mediciones GNSS durante la tormenta magnética del 11 de mayo de 2024, M. Caparrós Campanini, P. Larocca y M. L. Arecco.</i> .....	Pag. 114
<i>Modelado 2.5D con iTwin Capture de Bentley en la cátedra Fotogrametría Digital de la FIE-UNDEF, J. A. Ocaranza Genez, A. D. Cubas y S. Balbarani.</i> .....	Pag. 121
<i>El objeto territorial legal: servidumbre administrativa de gasoducto su registración inmobiliaria, E. V. Melgarejo.</i> .....	Pag. 127
<i>La GEORREFERENCIACIÓN como herramienta social. El celular como el instrumento más difundido. G. G. Noguera, L. L. Cornaglia, A. Mangiaterra y P. J. Calvo.</i> .....	Pag. 133

## I Prefacio

La Agrimensura, como ciencia y como práctica profesional, se encuentra en un proceso constante de transformación impulsado por los avances tecnológicos, las demandas sociales y los desafíos territoriales del presente.

En este contexto dinámico, los espacios de intercambio académico y profesional se tornan imprescindibles para construir conocimiento colectivo, consolidar enfoques multidisciplinarios y proyectar una mirada crítica y propositiva sobre el rol del agrimensor en la sociedad contemporánea.

El 5º Encuentro Nacional de Investigadores de Agrimensura (2024) nacido del seno de las Universidades que dictan la carrera de Ingeniería en Agrimensura, se inscribió en ese horizonte. Convocó a investigadoras e investigadores de todo el país con el propósito de compartir experiencias, difundir resultados y fortalecer los vínculos entre universidades, instituciones gubernamentales y actores del sector privado. Los trabajos aquí reunidos son el reflejo de ese esfuerzo colaborativo y diverso.

Este volumen compila una selección de las ponencias presentadas durante el encuentro, abarcando temáticas que incluyen desde innovaciones en tecnología geoespacial y métodos de medición, hasta reflexiones sobre el ordenamiento territorial, la propiedad de la tierra, la gestión del catastro, los marcos legales que regulan la actividad y la enseñanza de la agrimensura. Cada contribución, con su enfoque particular, aporta a una visión más integral y crítica del campo de la Agrimensura.

Agradecemos profundamente a todas las personas que participaron del evento —autores, evaluadores, moderadores y organizadores— por su compromiso con la calidad académica y el desarrollo de la disciplina. Esperamos que este libro no solo registre lo acontecido en el encuentro, sino que también se constituya en una herramienta útil para la formación, la investigación y la práctica profesional.

Porque la Agrimensura no se detiene: observa, mide, transforma. Y en su andar, construye territorio y conocimiento.

Encuentro Nacional de Investigadores de Agrimensura 2024



**Dra. Agrim. Rosa Isabel Pueyo**  
Directora  
Departamento de Agrimensura



**Dra. Patricia Alejandra Larocca**  
Directora  
Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas

## Uso del Derecho de Superficie en Desarrollos de Conjuntos Inmobiliarios

N. Frickx <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Academia Nacional de la Agrimensura.

\* [ingfrickx@gmail.com](mailto:ingfrickx@gmail.com)

### Resumen

El objeto central de este análisis es ponderar la aplicabilidad del derecho real de superficie en un emprendimiento urbanístico comúnmente denominado “Barrio Cerrado” o también un “Club de Campo”, en donde el emprendedor se reserva alguna unidad de gran tamaño para que, una vez edificada, se pueda someter al régimen de la propiedad horizontal. Particularmente en este caso se plantea que esta edificación sea compuesta por casas unifamiliares separadas entre sí por espacios sin edificar, y que dicha construcción -dentro de un marco normativo interno- sea proyectada y edificada por el adquirente de la futura unidad de propiedad horizontal.

Aprobado e inscripto el Reglamento de Propiedad Horizontal Especial, el titular de la unidad de gran tamaño, que en general sería el emprendedor aunque esto no resulta condicionante, ofrece al mercado inmobiliario espacios para que cualquier interesado pueda edificar su propia casa con un proyecto ajustado al reglamento de edificación del Conjunto Inmobiliario, todo esto para guardar armonía arquitectónica y paisajística.

La cuestión a resolver es es cómo dar seguridad jurídica a ese interesado que va a edificar su casa en inmueble ajeno, y por lo tanto hacerlo en el marco de los derechos reales y no de los derechos personales.

A criterio de quien suscribe, el derecho real de superficie para construir en el marco de lo dispuesto en los artículos 2114 al 2128 del Código Civil y Comercial de la Nación (CCCN) resulta una herramienta aplicable para lograr este objetivo.

Esquemáticamente se plantea la siguiente secuencia: sobre la unidad de conjunto inmobiliario que se va a comercializar, se proyecta un parcelamiento - que sin ser tal en términos jurídicos sirve para clarificar- en “unidades de superficie” para construir. Este proyecto debe concluir en la inscripción de un plano de mensura en el Catastro local.

Con el plano inscripto, se pueden realizar las escrituras de constitución del derecho de superficie. Este título no debe sólo tener cláusula de extinción atada a un plazo de tiempo, sino combinarla con la obligación de construir en un tiempo determinado y obtener el final de obras municipal.

Los adquirentes de la “superficie” van edificando sus casas en cada espacio determinado en el plano y dentro del plazo que fije la condición resolutoria del contrato.



Dado que el derecho de superficie es independiente de la titularidad del terreno, en este caso, solo el dueño de la unidad de conjunto inmobiliario podrá participar en las reuniones de consorcio del barrio cerrado o club de campo. Las reglas de convivencia entre los titulares de superficie deberán establecerse en el título constitutivo de la misma y ser compatibles con las normas del conjunto inmobiliario.

Culminada la construcción de todas las casas, el titular de la unidad podrá someterla -mediante plano y reglamento- a propiedad horizontal. La adjudicación de cada unidad de propiedad horizontal produce la extinción del derecho real de superficie por consolidación, según artículo 2124CCCN. El consorcio nacido, será un subconsorcio del conjunto inmobiliario conforme lo establecido en el artículo 2068 CCCN.

**Palabras clave:** conjunto inmobiliario; superficie; propiedad horizontal.

## **APLICACIÓN DEL DERECHO REAL DE SUPERFICIE A UN EMPRENDIMIENTO URBANÍSTICO**

### **Introducción**

Expresa el artículo 2114 del Código Civil y Comercial de la Nación (CCCN): “El derecho de superficie es un derecho real temporario, que se constituye sobre un inmueble ajeno, que otorga a su titular la facultad de uso, goce y disposición material y jurídica del derecho de plantar, forestar o construir, o sobre lo plantado, forestado o construido en el terreno, el vuelo o el subsuelo, según las modalidades de su ejercicio y plazo de duración establecidos en el título suficiente para su constitución y dentro de lo previsto en este Título y las leyes especiales”

Opina Marina Mariani de Vidal: “En una sencilla definición puede decirse que el derecho real de superficie es aquel por el cual le es concedido a su titular la facultad de construir o plantar en suelo ajeno y hacer suyo lo plantado o construido, con independencia de la propiedad del suelo; o —en otra modalidad— la de adquirir una edificación o plantación ya existente en forma separada de la propiedad del suelo”.<sup>1</sup>

Para el caso que nos ocupa, y dado las características de este trabajo, sólo me circunscribiré al derecho real de superficie para construir.

El objeto central de este análisis es ponderar la aplicabilidad de este derecho real en un emprendimiento urbanístico “Barrio Cerrado” en donde el emprendedor se reserva alguna unidad de gran tamaño para que, una vez edificada, se pueda someter al régimen de la propiedad horizontal. Particularmente en este caso se proyecta que esta edificación sea compuesta por casas unifamiliares separadas entre sí por espacios sin edificar, y que dicha construcción -dentro de un marco normativo interno- sea proyectada y edificada por el adquirente de la futura unidad de propiedad horizontal.



Para dar seguridad jurídica a ese adquirente respecto a la inversión que realizará, se propondrá constituir derecho real de superficie en el espacio donde podrá emplazar su edificación.

## GENERALIDADES DEL DERECHO DE SUPERFICIE

Este derecho real fue incorporado en el Código Civil y Comercial vigente desde 2015 en la República Argentina.

En términos generales, el derecho de superficie tiene las siguientes características estructurales:

- **GENERALIDAD:** Se trata de un derecho real principal (no accesorio), transmisible por actos entre vivos o por causa de muerte y que se ejerce por la posesión.
- **DERECHO DE SUPERFICIE Y PROPIEDAD SUPERFICIARIA:** Se presentan dos estadios: el derecho de superficie y la propiedad superficiaria. Se constituye sobre inmueble ajeno con derecho a edificar (primera etapa, derecho de superficie) haciendo suyo lo que se ha construido (segunda etapa, propiedad superficiaria). Pero también se puede constituir en un único estadio cuando se lo hace sobre la edificación de un inmueble ya construido. Independientemente de estos dos estadios, existe derecho real de superficie desde la constitución.
- **PRINCIPIO DE ACCESIÓN:** La propiedad de lo edificado es independiente de la propiedad del terreno, lo que resulta una excepción al llamado principio de accesión: “todo lo edificado y construido pertenece al propietario del suelo”. En este caso no es así.
- **EMPLAZAMIENTO:** Se puede constituir sobre todo el inmueble o sobre una parte de él. Para interpretar esta característica, debemos pensar espacialmente. Por ejemplo, el titular del suelo, conforme al artículo 1945 del CCCN es dueño también de todo el espacio que en profundidad le pueda ser útil como hacia arriba hasta donde comienza el bien público “espacio aéreo suprayacente” establecido en el artículo 235 del mismo código. En este caso de dominio de un terreno, pensémoslo como un volumen. Dentro de este volumen, se pueden generar volúmenes más pequeños que a cualquier altura o profundidad se constituya derecho de superficie.

En el caso de un lote de terreno, si se establece sobre todo el lote, el lugar a edificar lo definirá el superficiario, conforme a lo que las normativas edilicias del municipio permitan, o las que se establezcan en el contrato de constitución.

---

<sup>1</sup> Derecho real de superficie en el Código Civil y Comercial **Autores:** Mariani de Vidal, Marina Abella, Adriana N. **Publicado en:** LA LEY 23/02/2016, 23/02/2016, 1  
**Cita Online:** AR/DOC/507/2016



Si en cambio, se establece sobre parte del lote, deberá definirse con precisión agrimensural los límites tanto en ancho, largo y alto en que el superficiario podrá edificar. También deberá, con la misma precisión, definirse la ubicación de ese volumen que se someterá al derecho de superficie, dentro del volumen mayor que se mantendrá en propiedad del titular dominial. No necesariamente ese espacio a transferir al superficiario debe coincidir con el contorno de la futura edificación, dado que la afectación, conforme al artículo 2116 del CCCN, puede ser mayor por utilidad y aprovechamiento.

Si en lugar de un lote de terreno, pensamos en una unidad de propiedad horizontal especial de conjunto inmobiliario, como es el caso que nos ocupa, no debería variar esta percepción volumétrica de los espacios a afectar, aunque tengan -como veremos más adelante- otras consideraciones distintas al tratamiento de la afectación de un lote en dominio.

- **PLAZOS:** expresa el artículo 2117 que el plazo que se convenga no puede exceder los setenta años en el derecho de superficie para edificar. El plazo es una de las características distintivas de este derecho, pero en el análisis que haremos, tendrá menor importancia que la condición resolutoria que hará extinguir este derecho, que adelante será por consolidación.
- **LEGITIMACIÓN:** el artículo 2118 faculta para constituir derecho de superficie el titular dominial, condominial o de propiedad horizontal. Si bien no establece este artículo en forma taxativa que el titular de una unidad de derecho real de un conjunto inmobiliario también está facultado, lo es por aplicación del artículo 2075 que establece que todos los conjuntos inmobiliarios deben someterse a la normativa del derecho real de propiedad horizontal.
- **EJERCICIO Y ADQUISICIÓN:** el derecho de superficie se ejerce por la posesión y se adquiere por título y modo suficiente, debiendo el título formalizarse en escritura pública y el modo por la tradición (entrega del espacio). Para la oponibilidad a terceros interesados de buena fe, debe inscribirse en el Registro General de la provincia.

Es fundamental que el título establezca con mucha claridad e imaginación todos los aspectos inherentes al proyecto que estamos analizando, mucho más cuando la condición de extinción no será el paso del tiempo sino la resolución expresa de una condición. En este sentido, la propia estructura de este derecho da mucha amplitud para fijar condiciones que la voluntad de las partes acuerde.

- **FACULTADES DEL SUPERFICIARIO.** Las facultades del superficiario en cuando al establecimiento de otros derechos reales debe cuidadosamente ser acotada e incluso prohibida, como ser la facultad de someter a propiedad horizontal la superficie.
- **GRAVÁMENES.** Tanto el titular del derecho de superficie, como de la propiedad superficiaria, está facultado para gravarlos con derechos reales de garantía: hipoteca y anticresis, con plazo máximo al fijado en la constitución.



También lo puede hacer -hasta el mismo plazo- respecto a los derechos reales de disfrute: usufructo, uso, habitación y servidumbre. Reiterando lo dicho, resulta conveniente en este proyecto limitar al máximo las facultades del superficiario para establecer gravámenes que pudieran superar en tiempo en que se cumpla la condición resolutoria.

- **TRANSMISIBILIDAD:** Respecto a la transmisibilidad del derecho, opina Marina Mariani de Vidal en el documento citado anteriormente: “En cuanto a las transmisiones entre vivos, sobre las bases sentadas, se ha opinado que no podría establecerse la intransmisibilidad de la superficie, ya que la transmisibilidad constituiría norma de orden público. Otros opinan lo contrario. Pero lo que sí nos parece plausible es que se sujete la transmisión a la conformidad del nudo propietario: se satisfaría el eventual interés del nudo propietario y no aparecería prohibida de plano la transmisión, sino que se la estaría sujetando a una autorización que, en caso de negativa injustificada, podrá ser removida por el juez.”

Es transmisible por causa de muerte a los herederos del superficiario.

- **FACULTADES DEL PROPIETARIO.** El propietario conserva la disposición material y jurídica que corresponde a su derecho, siempre que la ejerza sin turbar el derecho del superficiario. En este sentido, y pensando en el proyecto que nos ocupa, el trámite administrativo conducente a culminar con la división de la unidad de conjunto inmobiliario en unidades de propiedad horizontal no turba el ejercicio del derecho superficiario. No obstante, no estaría de más contemplar la autorización en el título constitutivo de la superficie.
- **EXTINCIÓN.** El derecho de superficie se extingue por vencimiento del plazo, la renuncia expresa, cumplimiento de una condición resolutoria pactada, por no edificar dentro de los diez años de la fecha de constitución y por la consolidación. La propiedad superficiaria se extingue por vencimiento del plazo, renuncia expresa, por el cumplimiento de una condición resolutoria o por consolidación. No se extingue por la destrucción de lo edificado, pero en este caso el superficiario debe reponer la construcción en un plazo máximo de seis años.

## **APLICACIÓN PRÁCTICA A UN PROYECTO EN PARTICULAR**

Analicemos a continuación la aplicación del derecho de superficie un desarrollo en donde el emprendedor se reserva dentro de un conjunto inmobiliario Barrio Cerrado, alguna unidad de gran tamaño para que, una vez edificada con casas dispersas en la parte del terreno correspondiente a la unidad del conjunto inmobiliario, se pueda someter dicha unidad al régimen de la propiedad horizontal. Particularmente en este caso se proyecta que esta edificación sea compuesta por casas unifamiliares separadas entre sí por espacios sin edificar, y que dicha construcción -dentro de un marco normativo interno- sea proyectada y edificada por el adquirente de la futura unidad de propiedad horizontal.



## **PRIMERA ETAPA: CONJUNTO INMOBILIARIO.**

Respecto al conjunto inmobiliario, debemos tener presente que a efectos de garantizar el mantenimiento de reglas claras para todo habitante del conjunto inmobiliario ajeno a este proyecto, resulta muy conveniente que en el plano de mensura que se registrará en el Catastro, debería prever respecto a la unidad reservada la cantidad máxima de unidades de propiedad horizontal como así también el destino de las mismas, que en este caso serán de viviendas. En Santa Fe, decreto provincial 1309/2017 reglamenta la ley nacional de catastro 26209 y varios aspectos relacionados al CCCN, especialmente aquellos sobre objetos de los derechos reales. En este sentido, como ejemplo, el artículo 66, inciso siete del referido decreto establece: “7. En el supuesto que se previeran unidades destinadas a desarrollos posteriores, deberá puntualizarse en el plano, en Observaciones, tal situación, especificando su destino y si ello implicara variación en el número de unidades, beneficiarios o usuarios del uso y goce de bienes comunes, deberá indicarse el número máximo de unidades o beneficiarios que accederán al uso y goce de las partes comunes. El S.C.I.T. (Servicio de Catastro e Información Territorial) publicitará en forma destacada esta situación en el Certificado Catastral a efectos de su incorporación al Reglamento”. Esta previsión que fija la norma santafecina, protege al adquirente inicial poniendo en su conocimiento cuál es el máximo de familias que albergará el emprendimiento.

Por lo expresado, al menos en Santa Fe, el plano de mensura del conjunto inmobiliario ya define la cantidad de unidades de propiedad horizontal (el máximo), cuestión que deberá ser incorporado al Reglamento del Barrio Cerrado. Resulta razonable que los porcentajes de copropiedad sobre las partes comunes - que el decreto santafecino orienta a que sean calculados en función al valor de cada unidad – así como los porcentajes para afrontar el pago de expensas (que la mayoría de las veces coinciden) sean contemplados para que no desequilibre la justicia distributiva de las cargas en el momento de que la unidad se someta al régimen de propiedad horizontal. El éxito del emprendimiento se medirá por lograr un mínimo de conflictos en la convivencia futura entre los habitantes, por lo que es de destacar la importancia que tiene la prevención de todos estos aspectos de incorporación posterior de consorcistas en la redacción del Reglamento del Conjunto Inmobiliario.

## **SEGUNDA ETAPA: PROPIEDAD SUPERFICIARIA**

Definida la unidad o unidades del conjunto inmobiliario que luego se someterán a propiedad horizontal, se debe planificar y proyectar la división.

Pensemos en una unidad reservada, un procedimiento que resultará similar para las demás que se reserven.

Se partirá de un proyecto de distribución de espacios similar a un loteo, con vías circulatorias y espacios que se necesiten destinar a servicios y/o recreación, aunque estos últimos de esparcimiento se supone estarán ya establecidos dentro del conjunto inmobiliario.



A partir del proyecto se podrá, por un lado comercialmente comenzar el proceso de reservas en ventas, y por otro la confección del plano de mensura, teniendo presente que este plano no podrá registrarse hasta tanto el Reglamento de constitución de la propiedad horizontal especial del conjunto inmobiliario no se halle inscripto en el Registro General de la provincia.

Del proyecto de división, debemos pasar a la confección del plano de mensura. Este plano de mensura tendrá como “objetos: Mensura para establecer derecho real de superficie” y “Mensura para establecer derecho real de servidumbre”, ya que estas últimas serán necesarias para vincular espacios.

En este plano encontraremos dibujada la unidad de conjunto inmobiliario con sus límites y dentro de ella diferentes polígonos para transferir la superficie y otros polígonos donde el titular de la unidad de conjunto inmobiliario establecerá servidumbres de uso para circular y para servicios comunes si fueran necesarios. Dentro de cada polígono para establecer derecho real de superficie, se pueden marcar retiros de emplazamiento de futura edificación, como también se puede fijar la altura máxima de la superficie para que nadie edifique más allá de la permitida por el reglamento del conjunto inmobiliario.

A efectos del ordenamiento territorial, el plano de superficie debería ser visado por la Municipalidad. Esto es por las limitaciones de FOT y FOS, pese que seguramente no tienen incidencia en un desarrollo amplio de conjunto inmobiliario.

Siempre y cuando -reitero- ya se encuentre publicitado el Reglamento de Conjunto Inmobiliario en el Registro, se podrá inscribir el plano en el Catastro. En rigurosidad jurídica de esta inscripción no nacen las unidades de superficie ni de servidumbre, ya que las mismas nacen con el título suficiente. En Santa Fe, el plano se inscribe en Registro Preparatorio hasta tanto en sede notarial se constituya el derecho y, a partir de ello, el plano pasa a publicitarse en Registro Definitivo.

De esta manera, inscripto el plano, se pueden consolidar en un título la transferencia y posesión con base en un derecho real, del espacio seguramente comprometido en un boleto de compra-venta. Adquiere así el negocio inmobiliario una seguridad jurídica más contundente saliendo de la órbita de los derechos personales para transformarse en una relación de derecho real.

Resulta lógico – así sucede en Santa Fe – que haya consecuencia tributaria provincial en este hecho: el nacimiento de una partida de impuesto inmobiliario al inscribirse cada título superficiario en el Registro General. Se trata de partidas provisorias temporales que fenecerán en el momento de extinción del derecho real de superficie. Cada partida tributará por el valor de venta que figure en el título al que se le sumará el valor de lo edificado cuando cada superficiario vaya terminando la construcción de su casa. Mientras esto ocurre, se mantiene la vigencia de la partida correspondiente a la unidad de conjunto inmobiliario sin acrecer su avalúo por las edificaciones de los superficiarios, pero sí tributarán por la proporción que fije el reglamento del conjunto inmobiliario sobre terreno y edificaciones comunes



del complejo. Esto debe tenerse en cuenta para que dentro del título se contemple esta situación y se pueda ir trasladando la proporción del tributo que grava la unidad de conjunto inmobiliario según el futuro porcentaje que, al convertirse la superficie en una unidad de propiedad horizontal, vaya a tener.

De igual manera se debe contemplar la distribución de las expensas comunes y extraordinarias que corresponden a la unidad del conjunto inmobiliario. Todo debe estar en cada título de constitución del derecho de superficie. Por ese motivo, al realizar el proyecto primario de generación de polígonos para superficie, es necesario que se decidan los porcentajes definitivos que tendrá en el futuro cada unidad de propiedad horizontal respecto al total del Conjunto Inmobiliario. Porcentajes que servirán también para atender el mantenimiento de los espacios de servidumbre de uso circulatorio y de servicios internos a la unidad.

Hay que definir si cada superficiario tiene los mismos derechos de uso y goce de espacios comunes que los de titulares de unidades del conjunto inmobiliario - personalmente creo que sí- o si están acotados de alguna manera. Lógicamente que el titular de la unidad sólo forma parte del consorcio del conjunto inmobiliario.

A cada superficiario se le puede establecer un plazo de comienzo y culminación de la edificación dentro de su polígono. Deberá gestionar el permiso de obra tanto sea ante la Comisión de Arquitectura del conjunto inmobiliario, como en la órbita administrativa municipal. Y terminada la obra gestionar y obtener el certificado final de obra de ambos entes.

Si bien el código establece un plazo máximo para edificar sin que se produzca la extinción del derecho de superficie (diez años), opino que el título debería plantear plazos menores y penalidades al incumplimiento.

Acá aparece un tema delicado a analizar y decidir: no todos los polígonos serán transferidos como derecho de superficie al mismo tiempo, ni las edificaciones obtendrán el final de obras municipal en forma conjunta. La extinción del derecho de superficie se deberá establecer la condición en la obtención de este certificado final de obras de todos los polígonos para iniciar el camino a la extinción, ya que se necesita el cien por ciento de los finales de obra para someter la unidad de conjunto inmobiliario al régimen de propiedad horizontal.

Habría que contemplar la posibilidad de que no se pueda vender algún polígono de superficie o que algún superficiario, empezada la obra, tuviera imposibilidad en concluirla. En estos casos, el titular de la unidad de conjunto inmobiliario podría tener dos alternativas: edificar o terminar la obra inconclusa por su cuenta, o demoler lo construido y extinguir la superficie decidir que esos espacios se incorporen como espacios comunes a la propiedad horizontal futura.

### **TERCERA ETAPA: PROPIEDAD HORIZONTAL DENTRO DEL CONJUNTO INMOBILIARIO**

Suponiendo que tengamos todos los polígonos de superficie con final de obra municipal, se estaría en condiciones de confeccionar y gestionar la aprobación de un plano de propiedad horizontal.



Este plano debe tener la aprobación municipal antes de su registración en el Catastro. A criterio de quien suscribe, la rogatoria del trámite sólo necesitaría la firma del titular de la unidad de conjunto inmobiliario. No obstante, resultaría conveniente que, en el título superficiario, figure en forma taxativa esta facultad de firma.

El plano de mensura por la normativa vigente en Santa Fe, será registrado como “preparatorio” en el registro catastral, cuestión que se mantendrá hasta que se firme por escritura pública el Reglamento de Propiedad Horizontal.

La adjudicación, también por escritura pública, que se puede realizar en el mismo acto en que nace el reglamento, se hará a cada titular del derecho de superficie, lo que producirá la extinción del derecho de superficie por consolidación (art. 2124 CCCN).

Podría ocurrir que algún superficiario se vea impedido legalmente de recibir la adjudicación (inhibición, sucesión u otra causa). En este caso la unidad de propiedad horizontal mantendrá como titular al de la unidad de conjunto inmobiliario, independientemente de que se mantenga la superficie sobre esa unidad construida. Esta situación también debe ser contemplada en el título de superficie.

Nacido el Reglamento, que debe inscribirse en el Registro General, nacerá el consorcio de propietarios, el cual atenderá las cuestiones internas de esa propiedad horizontal. Para el reglamento de propiedad horizontal del conjunto inmobiliario, este consorcio será un subconsorcio en los términos del artículo 2068 del CCCN. Deberá nombrar un subadministrador quien representará legalmente al subconsorcio dentro del Consorcio del Conjunto Inmobiliario.

## Conclusiones

Conforme a la legislación nacional y provincial vigente al menos en Santa Fe, quien suscribe está plenamente convencido de que el procedimiento explicado es perfectamente aplicable. Seguramente hay aspectos comerciales, e incluso jurídicos que complementen o mejoren la propuesta, por lo que debe considerarse el presente trabajo como detonador y base de análisis más profundos.



## Cálculo de apuntamiento y georreferenciación desde plataformas móviles

G. R. Platzeck <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> INVAP S.E.

\* [platzeckg@gmail.com](mailto:platzeckg@gmail.com)

### Resumen

Se presentan algunos resultados de georreferenciación de imágenes a partir de videos adquiridos con sistemas giroestabilizados desde avión tripulado, helicóptero o dron, tomando como antecedente un trabajo hecho para obtener vectores digitalizados en proyección ortogonal a partir de imágenes oblicuas extraídas de un video capturado desde helicóptero.

Se describe luego el uso práctico de un algoritmo descrito inicialmente para sensores ópticos en satélite y compartido en su implementación por Hartzell para calcular las coordenadas del punto de intersección entre la línea de visión (LOS) y el elipsoide, y correlacionarlo con el dato aproximado de altura SNMM obtenido de un DEM. Se describen brevemente algunas herramientas de transformación de coordenadas y alguna aplicación más compleja, desarrolladas en Python utilizando librerías de acceso libre como Pyproj y otras.

**Palabras Clave:** ortoimágenes; eje oblicuo; giroestabilización; Python; LOS.

### Introducción

Antecedente - adquisición y procesamiento fotogramétrico de imágenes con eje oblicuo desde helicóptero junio 2016: la herramienta de software libre "GIS-SUITE WSL Monoplotting Tool" permite digitalizar sobre imágenes adquiridas con eje oblicuo segmentos, poligonales detalles geométricos lineales en general, como caminos, vías férreas, contornos de parcelas y georreferenciarlas de manera automática como si este proceso de digitalización hubiera sido hecho sobre ortoimágenes.

### Funcionamiento de la herramienta

Una vez localizados y marcados los puntos de control terrestre sobre la imagen adquirida con eje óptico oblicuo (Incidencia 10°-15-20° o más), se digitalizan sobre ella en pantalla puntos, líneas y polígonos con la mecánica habitual. Los puntos y líneas se graban en formato vectorial (shapefile) con coordenadas correspondientes a la proyección Gauss Krüger en este caso, como si la imagen de fondo fuera una ortoimagen, cuando en realidad es una imagen oblicua.

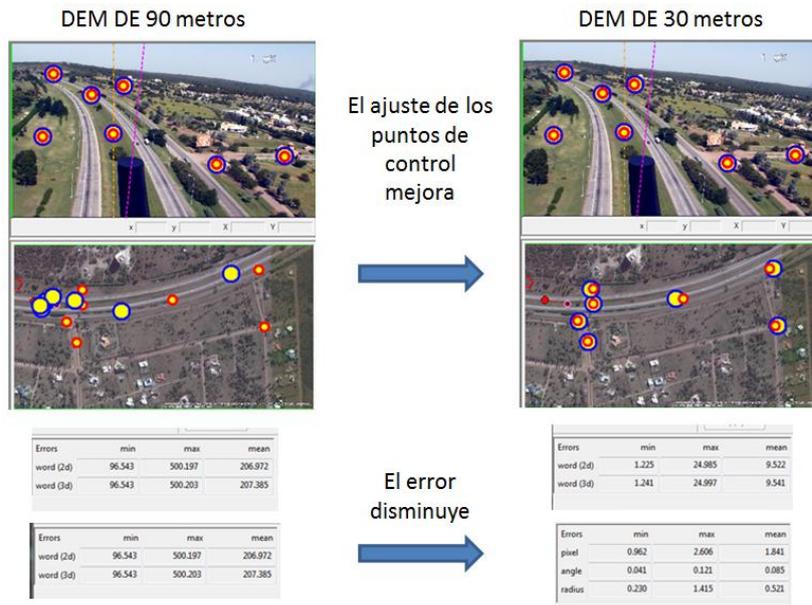


Figura 1: Ajuste de los puntos de Control

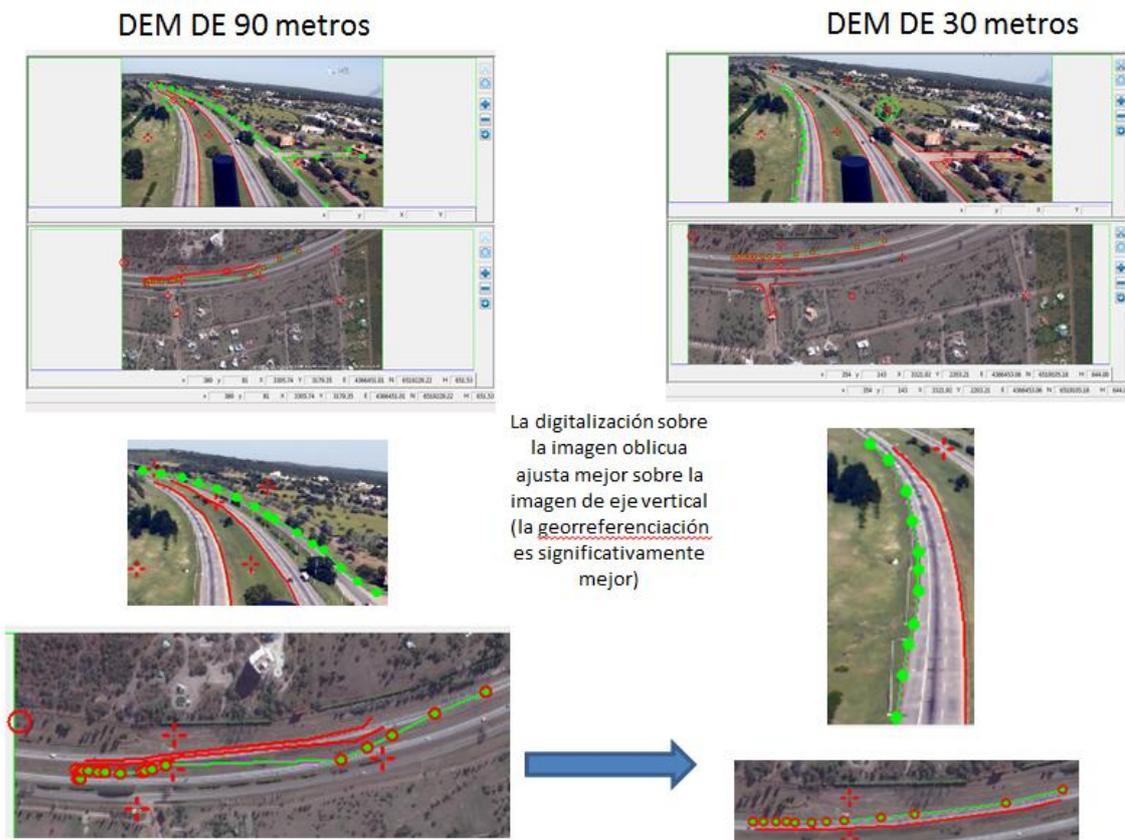


Figura 2: Comparación para dos resoluciones diferentes del DEM



Figura 3: DEM de 30, ajuste sobre imagen oblicua y sobre ortoimagen

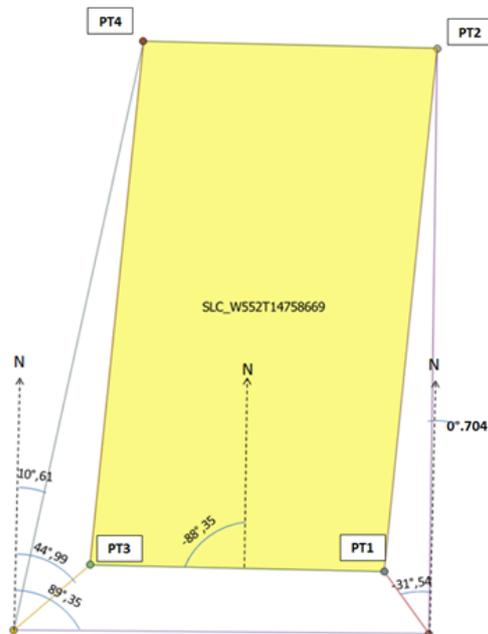
La digitalización sobre la imagen oblicua se despliega mejor en la ortoimagen, estando el DEM en la ventana inferior como segunda capa ráster debajo de la ortoimagen. Nótese el círculo con la cruz en el cuadro superior, señal que indica la intersección calculada del eje óptico de la cámara con la imagen oblicua.

### Materiales y métodos

Georreferenciación de imágenes con metadatos del vuelo: georreferenciar desde el avión a partir de cinco puntos singulares. Como ejemplo de la aplicación de este script se transcriben los resultados de una corrida de un programa en Python propio a partir de los metadatos de la imagen SARAT **W552T1475866**.

Los puntos de la Figura 5 se copiaron de los metadatos del archivo .hdr de los metadatos de la imagen SLC. Eso significa que quien procesa la imagen cruda ("raw") incorpora estas coordenadas que calculó a partir de los datos del GPS del avión (o del SAR) y de los ángulos de actitud medidos a partir de un sistema inercial (AHRS u otro, en este caso figura genéricamente como IMU). Resulta llamativo que el dato de altura aparezca como constante para esos cinco puntos, y expresado en metros con 4 decimales, dada la topografía cambiante de la zona (en este caso una zona serrana de Córdoba). Para contar con un dato aproximado de altura SNMM de cada uno de los cinco puntos se puede recurrir a un DEM. La altura de vuelo registrada en los metadatos de este vuelo es de aproximadamente 6000 metros SNMM. Se puede calcular de manera aproximada y por una simple resta la altura del avión sobre el terreno natural utilizando también un DEM.

Un objetivo posible: georreferenciar desde el avión con 5 puntos singulares



La propuesta es georreferenciar la imagen con un script propio utilizando gdalwarp y luego validar los resultados con las coordenadas guardadas como metadatos de la imagen, en este caso son:

map\_coordinate 1: -31.5704487  
-64.4053103 **671.9590** deg. deg. m

map\_coordinate 2: -31.4787974  
-64.4162977 **671.9590** deg. deg. m

map\_coordinate 3: -31.5708252  
-64.4620730 **671.9590** deg. deg. m

map\_coordinate 4: -31.4791700  
-64.4730050 **671.9590** deg. deg. m

**➔** map\_coordinate 5: -31.5157049  
-64.4394392 **671.9590** deg. deg. m

Figura 4: Puntos singulares (nótese que los 5 se registran con la misma cota)

La Figura 5 describe la secuencia de rutinas que se ejecutan para calcular el apuntamiento.

La primera de ellas LOS\_a\_Elipsoide(Posición, Apuntamiento) está adaptada a partir de una rutina desarrollada por el Dr. Stephen Hartzell que calcula las coordenadas elipsóidicas del punto de intersección de una línea de visión y que utiliza como datos de entrada las coordenadas WGS84 de la plataforma y el vector de apuntamiento definido por sus tres cosenos directores. Originalmente esta rutina estuvo aplicada para cálculos con plataformas satelitales. Se asume que las variaciones en los datos de actitud son tenidos en cuenta en esta etapa del cálculo.

La segunda rutina TRAFXYZ\_a\_LatLonAlt(X\_Inters, Y\_Inters, Z\_Inters) hace uso de las librerías ya mencionadas en páginas previas de este documento. El script toma como entrada las coordenadas XYZ WGS84 obtenidas en la primera rutina.

La tercera rutina dista\_rumbo (lat\_inters, lon\_inters, lat\_rdr, lon\_rdr) devuelve azimut y distancia como se registra en el gráfico de la Figura 5, y en este caso los resultados son aproximados debido a que el dato de altura aparece como

constante en los metadatos de la imagen. El complemento que resuelve el cálculo automático de la altura SNMM a partir de la intersección calculada originalmente con `LOS_a_Elipsoide(Posición, Apuntamiento)` debe incluir todos los pasos para calcular la altura a partir del DEM y hace uso de otra rutina que no se incluye en esta descripción actual.

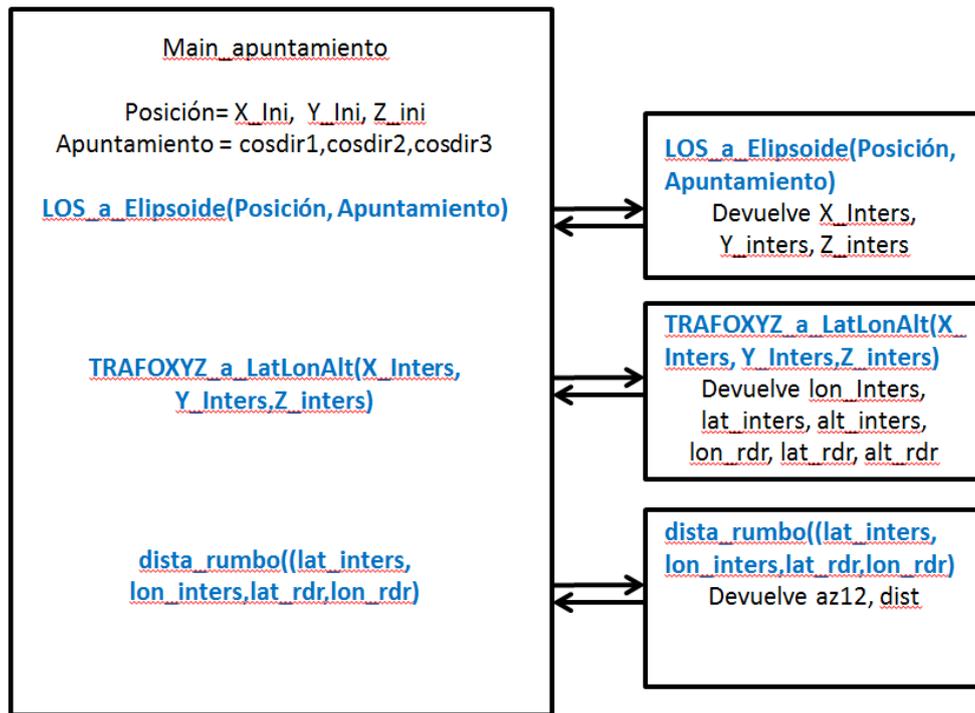


Figura 5: Diagrama simple de rutinas para calcular apuntamiento

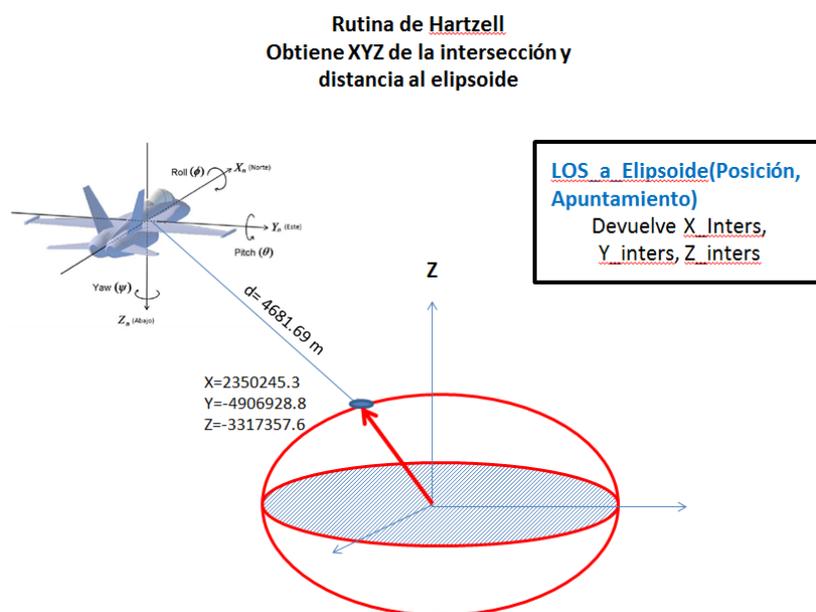


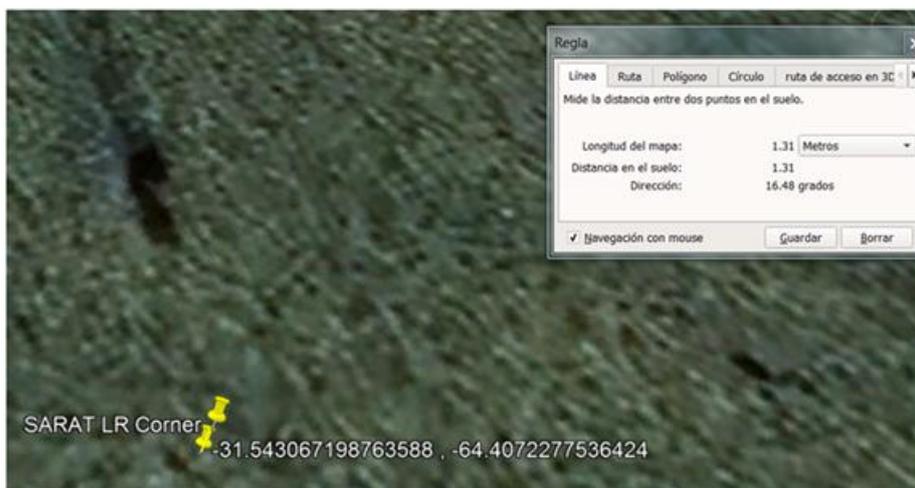
Figura 6: gráfico relativo a la rutina de Hartzell

## Resultados y discusión

### RUTINA LOS a Elipsoide(Posición, Apuntamiento)

#### DETERMINACIÓN DE DISTANCIA Y POSICIÓN DEL PUNTO DE INTERSECCIÓN EN GOOGLE EARTH

RESULTADO FINAL-1.30 METROS DE DIFERENCIA



$$\text{pointing} = \{[-0.6269, 0.9303, 0.99999]\}$$

$$\text{Arc Cos}(-0.6269) = 51^\circ, 178221319207$$

$$\text{Arc Cos}(0.9303) = 21^\circ, 518372131$$

$$\text{Arc Cos}(0.99999) = 0^\circ, 2562434729159$$

Estos ángulos corresponden al sistema geocéntrico ECEF y no al sistema fijo al avión

Figura 7: Cosenos directores del mejor resultado obtenido

La validación del funcionamiento de las rutinas de Main\_apuntamiento depende, entre otros parámetros, de la calidad de los datos iniciales de posición y de los cosenos directores del vector LOS. Como no se tenía información documentada sobre los metadatos de la imagen del SARAT, se procedió a realizar cálculos a partir de los valores de dichos metadatos, pero proponiendo variaciones en la cuarta o quinta cifra de los cosenos directores del apuntamiento y ajustándolos por aproximaciones sucesivas hasta que el resultado del script diera muy poca diferencia con los valores de las coordenadas de los vértices que se dan como válidas en el archivo hdr de la imagen, que son los valores más plausibles de dichas coordenadas según la agencia que provee la imagen. La cercanía entre el punto calculado y el punto tomado como válido se graficó sobre Google Earth (Figura 7).



## Conclusiones

La herramienta GIS\_SUITE permitió comprender la lógica de la gerorreferenciación y digitalización de vectores en proyección ortogonal a partir de imágenes adquiridas con eje oblicuo desde plataformas como helicópteros, aviones tripulados o drones, técnica que puede hacerse extensiva a imágenes adquiridas desde satélite.

La familiaridad con esta herramienta y la calidad de sus resultados permitieron comprender mejor la idea de utilizar Modelos Digitales de Elevación como una capa indispensable para calcular las coordenadas latitud, longitud y altura sobre el nivel medio del mar de cualquier punto de la imagen.

A partir de esta idea se desarrollaron varios scripts en Python que se reunieron luego en un programa de aplicación (LOS\_a\_Elipsoide.py) el que aprovecha varias rutinas de librerías de acceso libre incluyendo la rutina desarrollada por Stephen Hantzell.

El programa LOS\_a\_Elipsoide.py obtiene las coordenadas elipsóidicas correspondientes a la intersección de la línea de visión (LOS), o eje óptico de la cámara, con el elipsoide.

La altura del punto sobre el nivel medio del mar se obtiene posteriormente con otra rutina que toma las coordenadas elipsóidicas calculadas y por medio de un DEM (en este caso el SRTM30, pero podría utilizarse uno de mayor resolución, mejorando la precisión del resultado) completa la terna de latitud, longitud y altura, lo que fue el objetivo final del presente trabajo. Se cuenta además con la rutina apropiada para este último cálculo, lo que permitirá automatizar todo el proceso en un próximo trabajo.

## Agradecimientos

- Al Doctor Claudio Bozzini por el soporte en el uso del programa GIS\_SUITE y por enviarme sus mejores ejemplos para mis clases.
- A mis compañeros de INVAP por el soporte relativo a la programación en Python e instalación de librerías en Linux.
- A los organizadores y Comité Científico de la ENIA 2024.

## Referencias

BOZZINI, Claudio. GIS-SUITE WSL MONOPLOTTING TOOL, SWISS FEDERAL RESEARCH INSTITUTE, Bellinzona, Suiza.

HARTZELL, Stephen. (2018) Satellite Line-of-Sight Intersection With Earth  
<https://stephenhartzell.medium.com/satellite-line-of-sight-intersection-with-earth-d786b4a6a9b6>

MAYER Federico. (2009) Apuntes de Geodesia, UNLP Editora, La Plata, Argentina.

SCHREIER Gunther. (1993) SAR Geocoding Data and Systems. HERBERT WICHMANN Verlag GmbH, Karlsruhe, Alemania.

## Validación de Modelo Digital de Elevaciones en la Antártida

*B. Deniz<sup>1\*</sup>, F.R. Calizaya<sup>1\*\*</sup>, M.N. Pose<sup>1</sup>, S.R. Cimbaro<sup>1</sup> y R.D. Torres<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Instituto Geográfico Nacional, Dirección de Geodesia.

\* *bdeniz@ign.gob.ar*, \*\* *fcalizaya@ign.gob.ar*

### Resumen

En el marco de la geomática es imprescindible disponer de información topográfica para la elaboración de cartografía. En regiones remotas de alta latitud y gran extensión, como en el Sector Antártico Argentino, ésta suele ser escasa. Para mitigar este tipo de inconvenientes, se recurre a sistemas de captura masiva de información geográfica, como el uso de satélites.

En este contexto, se propone utilizar el modelo de elevación de referencia de la Antártida, Reference Elevation Model of Antártica (REMA), generado a partir de la autocorrelación estereoscópica de pares superpuestos de imágenes satelitales ópticas, que abarcan el 98% de la masa continental antártica extendiéndose hasta aproximadamente el paralelo 88°S, con una resolución espacial de 2 m.

Para la utilización de REMA en la cartografía, es necesaria la validación del mismo con datos de campo y analizar la posibilidad de su aplicación en función de la escala de la carta topográfica a confeccionar. En este sentido, el Instituto Geográfico Nacional (IGN), cuenta con mediciones GNSS precisas, estaciones GNSS permanentes y Modelos Digitales de Elevación (MDE), de mayor resolución que los modelos satelitales, provenientes de vuelos aerofotogramétricos realizados con Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) durante diversas campañas antárticas.

El presente trabajo tiene como objeto exponer la validación del modelo REMA contrastándolo con puntos de control terrestre, en las Bases Antárticas Marambio, Esperanza y Petrel. Las diferencias altimétricas del estudio son expuestas en alturas elipsoidales donde se analiza la precisión del modelo REMA.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos y considerando las características técnicas de REMA, se realiza un análisis para verificar su utilización en la confección de cartografía a diferentes escalas.

**Palabras Clave:** Antártida; Instituto Geográfico Nacional; Modelos Digitales de Elevación; Validación; REMA.

### Introducción

Siendo el IGN el organismo nacional responsable de la elaboración y actualización de la cartografía del territorio argentino (Ley 22.963, 1983), parte de sus tareas consiste en realizar diversas actividades geodésicas, topográficas y cartográficas en el Sector Antártico Argentino. Debido a las características climáticas y topográficas de este territorio, su representación cartográfica constituye un desafío.

En este trabajo se analiza la fiabilidad de REMA, a partir de la cuantificación de las diferencias de elevación respecto a información relevada en campo.

## Materiales y métodos

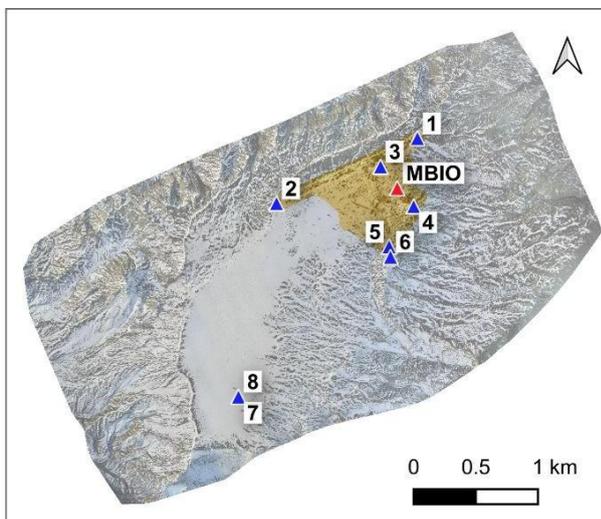
REMA es un modelo generado por el Centro Geoespacial Polar (PGC) de la Universidad de Minnesota, a partir de la autocorrelación estereoscópica de pares superpuestos de imágenes satelitales ópticas de 0.5 m de resolución espacial, obtenidas por los satélites WorldView-1, 2 y 3 y GeoEye-1. Abarca el 98% de la Antártida, hasta aproximadamente el paralelo 88° sur. Es de libre distribución en diferentes resoluciones espaciales, con alturas referidas al elipsoide WGS 84 y con una precisión absoluta próxima a los 4 m (Howat, Ian, et al., 2022). Este análisis se realiza a partir de REMA de resolución espacial 2 m.

Durante las campañas realizadas en 2015 y 2020 por el IGN en la Base Marambio, se midieron un total de 985 puntos con técnica GNSS (Global Navigation Satellite System, por sus siglas en inglés) método diferencial cinemático “*stop and go*” y 8 puntos en método diferencial estático, respectivamente. Éstos fueron procesados a partir de la estación GNSS permanente “MBIO”, ubicada en la Base Marambio, perteneciente a la Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo (RAMSAC). En el año 2024, en las Bases Esperanza y Petrel se midieron con técnica GNSS método diferencial estático 8 y 9 puntos respectivamente, los cuales fueron procesados a partir de la estación “SPRZ”, perteneciente a RAMSAC.

Durante la campaña antártica 2019/2020, el IGN realizó su primer relevamiento aerofotogramétrico en Base Marambio, utilizando un VANT modelo eBee PLUS. El MDE obtenido de este vuelo, cuenta con una resolución espacial de 10 cm.

## Resultados y discusión

En Base Marambio (Figura 1), se calculan las diferencias de altura elipsoidal ( $h$  med) respecto a las alturas obtenidas de REMA ( $h$  REMA), en 9 puntos estáticos (incluyendo la estación “MBIO”). Obteniendo una diferencia promedio de  $2.77 \pm 0.28$  m (Tabla 1). Asimismo, de manera análoga, se procede con el cálculo para los 985 puntos cinemáticos, donde la diferencia promedio es  $2.53 \pm 0.49$  m, obteniendo resultados consistentes con los anteriores.



**Figura 1. Base Antártica Marambio.**

- Puntos de control medidos con técnica GNSS método diferencial estático (azul)
- Estación GNSS permanente MBIO (rojo).
- Área de relevamiento de puntos cinemáticos (naranja).

**Tabla 1. Base Antártica Marambio.** Diferencias de altura elipsoidal respecto a REMA en puntos medidos con método diferencial estático y estación GNSS permanente MBIO.

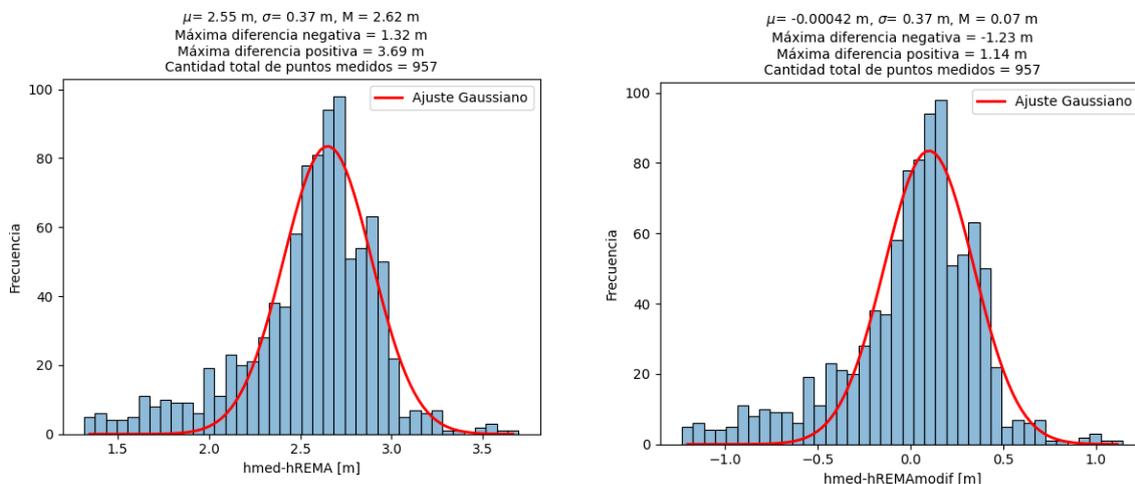
Punto	Latitud [°]	Longitud [°]	h med [m]	h REMA [m]	h med - h REMA [m]
1	-63.397	-57.000	225.45	222.40	3.05
2	-63.397	-56.997	229.56	226.66	2.90
3	-63.398	-56.996	226.39	223.60	2.79
4	-63.398	-56.996	214.44	212.33	2.11
5	-63.401	-56.997	212.43	209.51	2.92
6	-63.404	-56.999	212.19	209.27	2.92
7	-63.403	-56.991	220.61	217.69	2.93
8	-63.404	-57.003	220.44	217.69	2.76
<b>MBIO</b>	<b>-64.240</b>	<b>-56.623</b>	<b>220.46</b>	<b>217.91</b>	<b>2.55</b>

h med - h REMA [m]	
Media [m]	2.77
Desvío estandar [m]	0.28

Considerando que la precisión altimétrica de REMA es de 4 metros, que las medias de las diferencias son similares en ambos conjuntos de puntos medidos y se encuentran dentro de esta precisión, se decide unificar el total de 994 puntos medidos.

Se eliminan los outliers, y con los 957 puntos restantes se calculan las diferencias altimétricas (h med - h REMA) y los estadísticos (Tabla 2a, Figura 2a).



**Figura 2. Base Antártica Marambio.** Histograma de las diferencias altimétricas. a) h medida – h REMA b) h medida – h REMA modif.

**Tabla 2. Base Antártica Marambio,** Estadística de las diferencias altimétricas. a) h medida – h REMA b) h medida – h REMA modif.

a)			b)		
h med - h REMA			h med - h REMA modificado		
Media [m]	Desvío estandar [m]	RMSE [m]	Media [m]	Desvío estandar [m]	RMSE [m]
2.55	0.37	2.58	-0.00042	0.37	0.37

A priori, en la Figura 2a se observa la simetría y el desplazamiento de la curva de distribución normal en un valor de 2.55 m (media de las diferencias altimétricas) respecto del origen, por lo que se puede inferir la presencia de un sesgo en las alturas obtenidas a partir de REMA.

De la tabla de los estadísticos (Tabla 2a), donde la media y el RMSE son mayores al doble de la desviación estándar se puede interpretar con mayor certeza la existencia de un sesgo (ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, 2024).

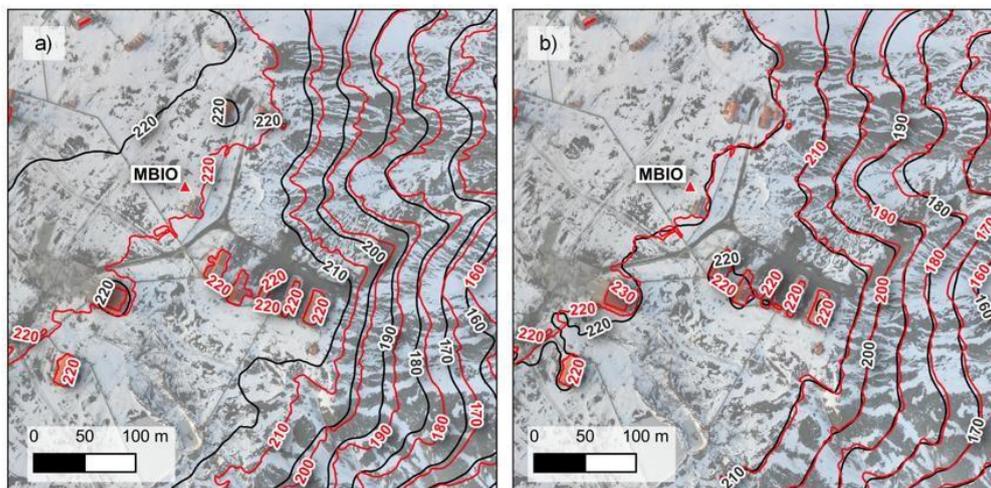
Para corregir el sesgo, se decide modificar el plano de referencia altimétrico de REMA “REMA modificado”, en la cantidad indicada por la media de las diferencias (2.55 m). Posteriormente, se extraen las alturas de REMA modificado (h REMA modif), se comparan con respecto a las alturas medidas en campo (h med - h REMA modif) y se calculan los estadísticos (Figura 2b y Tabla 2b).

En la Figura 2b, se observa que la curva de distribución normal es simétrica respecto de la media, próxima a 0.

Los resultados de la Tabla 2b, indican que la modificación altimétrica de REMA ha corregido el sesgo existente, ya que el RMSE y la desviación estándar son iguales (ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, 2024). La desviación estándar se mantiene constante, esto era esperable, ya que la modificación de REMA fue global, no se abordaron correcciones puntuales, por lo tanto la variabilidad de las diferencias altimétricas individuales respecto de la media sigue siendo la misma.

Para la validación del comportamiento altimétrico de REMA modificado se realiza un análisis cualitativo y cuantitativo respecto del MDE VANT.

El análisis cualitativo se realiza mediante interpretación de curvas de nivel. Se comparan en primera instancia las curvas generadas a partir de REMA con las de MDE VANT, y por otro lado estas últimas con las generadas a partir de REMA después de modificar su plano de referencia vertical. Se selecciona un sector de Base Marambio para ejemplificar las diferencias (Figura 3).

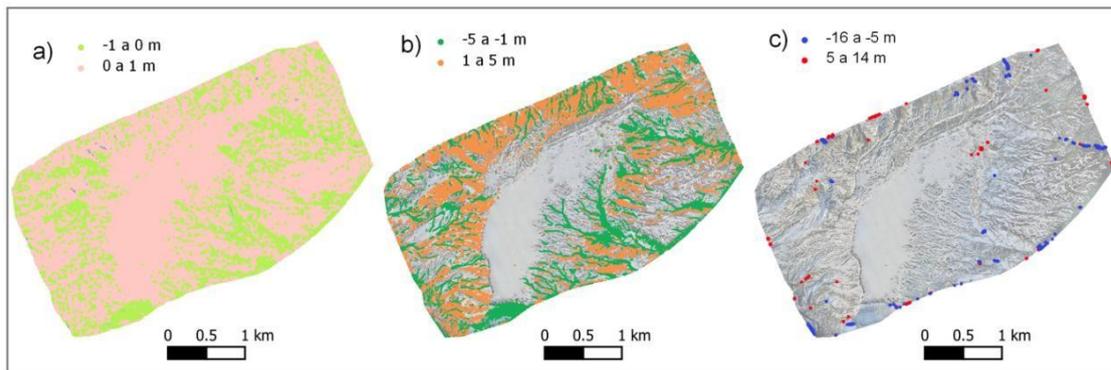


**Figura 3. Base Antártica Marambio.** Estación GNSS permanente MBIO y edificaciones. a) Curvas de nivel MDE VANT (rojo) y REMA (negro). b) Curvas de nivel MDE VANT (rojo) y REMA modificado (negro).

Para el análisis cuantitativo, a partir de una nube de puntos aleatoria (aprox. 1 millón de puntos) generada con el software QGIS, se extraen las alturas del MDE VANT (h VANT), las alturas de REMA modificado (h REMA modif.) y se calculan las diferencias altimétricas (h VANT - h REMA modif.). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3 y la Figura 4.

**Tabla 3. Base Antártica Marambio.** Diferencias altimétricas entre MDE VANT y REMA, evaluadas en la nube de puntos aleatorios generada en QGIS. Cantidad y porcentaje de puntos en cada rango de diferencias.

h VANT - h REMA modif [m]	Cantidad de puntos	Porcentaje
[-16 a -5)	856	0.10%
[-5 a -1)	82848	8.30%
[-1 a 0)	201361	20.10%
[0 a 1)	595764	59.60%
[1 a 5)	118140	11.80%
[5 a 14)	365	0.04%
Total de puntos	999334	100%



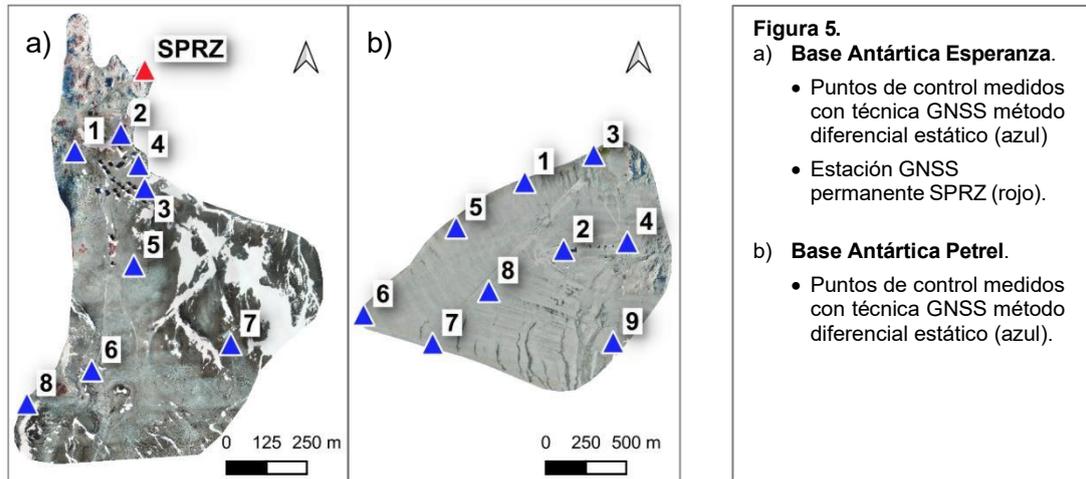
**Figura 4. Base Antártica Marambio.** Diferencias altimétricas h MDE VANT – h REMA, evaluadas en el millón de puntos aleatorios generados en la zona de estudio.

De la Figura 4a y Tabla 3, podemos observar que el  $\approx 80\%$  de las diferencias altimétricas se encuentran dentro de  $\pm 1$  metro. Donde más del  $50\%$  del total de puntos ( $\approx 60\%$ ) distribuidos homogéneamente tienen diferencia positiva de 1 m, lo cual indica que el plano de referencia del MDE VANT está sobre REMA modificado en gran parte de la zona de estudio. Las diferencias entre 0 y -1 m, corresponden al  $\approx 20\%$  de los puntos, y se encuentran principalmente en las laderas de la meseta.

De la Figura 4b y Tabla 3,  $\approx 20\%$  del total de puntos corresponden a diferencias altimétricas mayores a  $\pm 1$  metro y menores a  $\pm 5$  metros. Las diferencias positivas, se encuentran mayoritariamente en las laderas mientras que las diferencias negativas en los valles y próximas a los límites del modelo.

De la Figura 4c y Tabla 3, las diferencias más grandes (mayores a  $\pm 5$  metros), representan menos del  $1\%$  del total de puntos. Su distribución en general, es próxima a los límites de los modelos. Con respecto a las diferencias negativas se encuentran en valles donde hay presencia de sombras, mientras que las diferencias positivas se encuentran en la zona de edificaciones, esto es esperable, ya que la resolución del MDE VANT es menor a REMA.

En las Bases Antárticas Esperanza y Petrel (Figura 5), se efectúa un análisis análogo al realizado en Base Marambio, se calculan las diferencias altimétricas entre los puntos medidos con método estático (h med) y REMA (h REMA).



En la Tabla 4 se observa que, en Base Esperanza, la media de las diferencias altimétricas 0.16 m es menor que el desvío estándar 0.85 m, y este último prácticamente igual al error cuadrático medio (RMSE). Por lo que se puede estimar que no existe un sesgo en REMA, y por lo tanto no será necesario modificar el plano de referencia vertical de REMA.

**Tabla 4. Base Antártica Esperanza.** Diferencias de altura elipsoidal respecto a REMA en puntos medidos con método diferencial estático.

Punto	Latitud [°]	Longitud [°]	h med [m]	h REMA [m]	h med - h REMA [m]
1	-63.397	-57.000	46.65	46.32	0.33
2	-63.397	-56.997	28.63	29.43	-0.80
3	-63.398	-56.996	32.38	32.81	-0.43
4	-63.398	-56.996	29.17	29.84	-0.67
5	-63.401	-56.997	62.24	61.62	0.63
6	-63.404	-56.999	62.34	60.84	1.49
7	-63.403	-56.991	69.66	68.60	1.06
8	-63.404	-57.003	69.05	69.40	-0.35

h med - h REMA [m]	
<b>Media [m]</b>	<b>0.16</b>
Desvío estandar [m]	0.85
RMSE [m]	0.81

Asimismo, en Base Petrel (Tabla 5), la media de las diferencias 0.41 m es menor al desvío estándar 0.77 m y al RMSE 0.83 m, y estos últimos son próximos. Por lo que se puede asumir que, al igual que en Base Esperanza, no es necesario realizar la modificación del plano de referencia vertical de REMA.

**Tabla 5. Base Antártica Petrel.** Diferencias de altura elipsoidal respecto a REMA en puntos medidos con método diferencial estático.

Punto	Latitud [°]	Longitud [°]	h med [m]	h REMA [m]	h med -h REMA [m]
1	-63.474	-56.238	23.02	23.10	-0.08
2	-63.478	-56.233	37.24	36.59	0.65
3	-63.473	-56.229	22.47	23.11	-0.64
4	-63.478	-56.225	39.35	38.54	0.81
5	-63.477	-56.246	24.87	23.09	1.78
6	-63.482	-56.258	22.69	23.08	-0.39
7	-63.484	-56.249	22.94	23.08	-0.13
8	-63.481	-56.242	27.66	26.90	0.76
9	-63.483	-56.227	30.39	29.50	0.89

h med - h REMA [m]	
Media [m]	0.41
Desvío estandar [m]	0.77
RMSE [m]	0.83

## Conclusiones

Los promedios de las diferencias altimétricas calculados entre los puntos medidos en campo y REMA en las Bases Antárticas Marambio 2.55 m, Esperanza 0.16 m, y Petrel 0.41 m, se encuentran dentro de la precisión absoluta de 4 m indicada en las especificaciones técnicas de REMA.

La detección de la existencia de un sesgo en REMA respecto a los puntos medidos en Base Marambio, avaló la necesidad de modificar el plano de referencia vertical del mismo, disminuyendo considerablemente las diferencias altimétricas entre el mismo y los puntos medidos en campo. Esto se puede corroborar al comparar REMA modificado con el MDE VANT, donde la media de las diferencias altimétricas (0.21 m) en el millón de puntos es del orden centimétrico, y además en aprox. el 80% de los puntos las diferencias altimétricas entre los modelos se encuentran en el intervalo de  $\pm 1$  m.

Por otro lado, en Base Marambio, producto de la modificación del plano de referencia vertical de REMA, se puede observar un acercamiento en las curvas de nivel de REMA modificado respecto de las de MDE VANT.

Los estadísticos de las diferencias altimétricas entre puntos medidos y REMA en las Bases Esperanza y Petrel, permiten inferir que en ambos casos no es necesario modificar el plano de referencia vertical de REMA.

Para los productos cartográficos, considerando una tolerancia altimétrica equivalente a un tercio de la equidistancia, se verifica que REMA sin modificar el plano de referencia es adecuado para valores de equidistancia superiores a 12 m, valor de equidistancia que disminuye al modificar el plano de referencia vertical.

## Referencias

Howat, et al., 2022, "The Reference Elevation Model of Antarctica – Mosaics, Version 2", <https://doi.org/10.7910/DVN/EBW8UC>, Harvard Dataverse, V1.

Ley 22.963, 1983. Ley de la carta.

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), 2024, "Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, Edition 2, Version 2".

## Aplicación de normas ISO 17123 para verificación y puesta en valor del instrumental topográfico del Departamento de Agrimensura de la FIUBA

*Agustín Alberto Raffo*<sup>1\*</sup>, *Carlos Enrique Freixas*<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup> *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Agrimensura.*

\* *aaraffo@fi.uba.ar*, \*\* *cfreixas@fi.uba.ar*

### Resumen

El Departamento de Agrimensura de la FIUBA cuenta con instrumental topográfico empleado por alumnos y docentes. El desgaste y eventuales desperfectos, inherentes a las prácticas llevadas a cabo, conllevan la necesidad de realizar un control y mantenimiento de dicho patrimonio, con miras a garantizar niveles de precisión adecuados para la concreción de mediciones confiables. Es la Metrología la ciencia que se encarga de estudiar los procesos de medición integralmente, y en este trabajo se ha aplicado para el estudio de la precisión y estado del instrumental topográfico. Se han aplicado las Normas ISO (International Organization for Standardization) 17123-2, 17123-3 y 17123-4 para verificación de estaciones totales, teodolitos electrónicos y equialtímetros, en el ámbito del Taller de Instrumental del Departamento de Agrimensura. Se han adoptado marcas para ser bisectadas por estaciones totales o teodolitos electrónicos a fin de determinar experimentalmente una desviación estándar comparable contra la establecida por el fabricante, empleando la norma 17123-3. Para tener noción de la existencia de algún sesgo en la medición electrónica de distancias de las estaciones totales se ha apelado a criterios indicados en la norma 17123-4. La precisión en la medición de desniveles geométricos de los equialtímetros se ha puesto bajo la lupa mediante la aplicación de la norma 17123-2. En general se han obtenido indicadores estadísticos de precisión en tolerancia respecto a lo indicado por los fabricantes, aunque en algún caso se ha podido comprobar empíricamente el mal desempeño de ciertos equipos. También se han empleado las normas en ciertos equipos donados al Departamento de Agrimensura, para incorporarlos con certeza de su precisión. Como tareas secundarias asociadas a la finalidad de este trabajo, se han realizado ajustes, correcciones o calibraciones de adminículos tales como bastones porta prisma, bases nivelantes y trípodes. Todo esto contando con la activa presencia de alumnos participantes del Taller de Instrumental.

**Palabras clave:** Topografía; Metrología; Calibración; Precisión.



## Introducción

La Metrología es la ciencia que se encarga de estudiar los procesos de medición integralmente, brindando los conceptos y herramientas necesarias para dimensionar la precisión y la exactitud obtenida en un proceso de medición. Por medición se entiende el proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que puedan atribuirse razonablemente a una magnitud (una distancia, o una coordenada geodésica, por ejemplo). El proceso de medición debe conducirnos no solamente a la presentación de la magnitud adoptada, sino a la caracterización de la incertidumbre de medición. En este sentido, se define a la precisión como el grado de concordancia entre los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas, es decir, el grado de dispersión obtenible al realizar repetidas veces una observación o medición, indicado en general mediante la varianza o el desvío estándar. Por otra parte, la exactitud es entendida como el grado de concordancia entre un valor medido y un valor considerado verdadero, un valor considerado como patrón. Al realizar una medición, es insoslayable informar no solo el valor obtenido, sino también brindar la información correspondiente a la incertidumbre de medición, y procurar que la misma nos garantice una exactitud acorde.

Prácticas de las asignaturas, actividades extracurriculares, muestras de difusión de la carrera de Ingeniería en Agrimensura, hacen que el instrumental pase por las manos de alumnos y docentes constantemente, desgastándose y presentando desperfectos ocasionalmente. De esta situación nace la necesidad de un control y mantenimiento de dicho patrimonio, con miras a garantizar niveles de precisión y exactitud adecuados, sin perjuicio de acudir al servicio técnico especializado de ser necesario, pero tomando en cuenta los recursos económicos disponibles.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) establece que los instrumentos topográficos y geodésicos deben ser calibrados periódicamente (ISO 17125). Se entiende por calibración al proceso de comparación de la medición de un instrumento con un patrón de referencia, realizado en laboratorios especializados y debidamente certificados, mientras que la verificación es el proceso que permite arribar a un indicador estadístico de precisión, comparable contra una precisión determinada como referencia.

Por otra parte, ISO provee las normas 17123, encargadas de establecer procedimientos y protocolos de medición que permitan arribar de manera experimental a un indicador estadístico de la incertidumbre de medición, comparable contra las precisiones de referencia del equipo, es decir, verificación del instrumento de medición. Con el fin de garantizar el funcionamiento adecuado del patrimonio del Departamento de Agrimensura, se han estudiado y puesto en práctica en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería las rutinas de medición que prescribe este cuerpo normativo, permitiendo a los alumnos profundizar algunos aspectos de la medición y ampliar sus conocimientos sobre uso y cuidado del instrumental, supliendo además la imposibilidad económica de realizar un control periódico en laboratorios especializados.



## Materiales y métodos

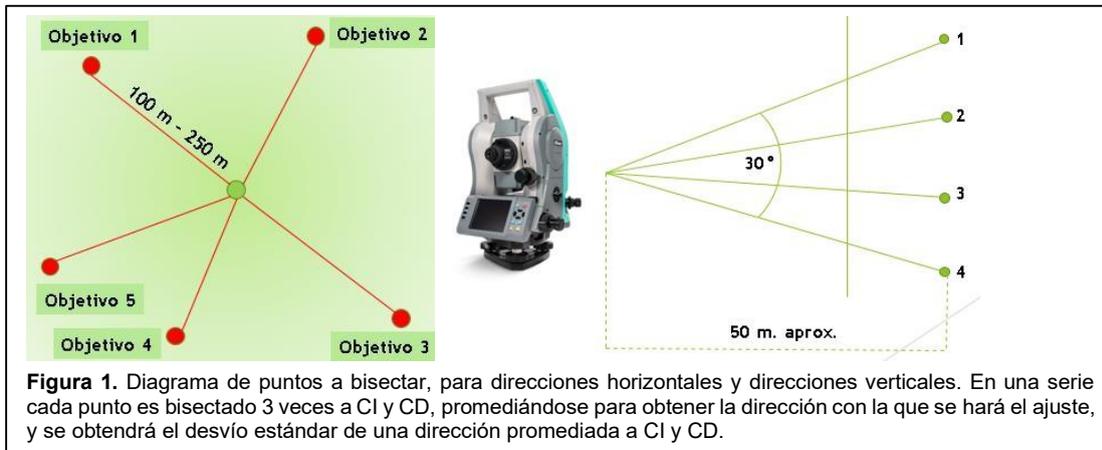
Es importante destacar que las normas ISO 17123 han sido ideadas para ser aplicadas en condiciones que no obligatoriamente sean de laboratorio, lo cual permite llevarlas a la acción en cualquier espacio que cumpla con lo que prescribe cada norma. A medida que las condiciones del espacio de trabajo se aproximen más a las de un laboratorio, los resultados se verán menos afectados por variaciones atmosféricas (cielo que transite de nublado a despejado, vientos fuertes, etc).

Como indicación general, debe contemplarse que todos los accesorios y adminículos a utilizarse (trípodes, prismas, miras estadimétricas, bastones, etc) estén en buenas condiciones, para no afectar los resultados a obtener.

La norma ISO 17123-3 establece los lineamientos para la verificación de instrumentos de medición angular (estaciones totales y teodolitos). Para ello, diagrama rutinas de medición de direcciones a puntos fijos distribuidos estratégicamente, tanto para medición de direcciones horizontales (o acimutales) como verticales (o cenitales) (Figura 1). Se realizan series de observaciones, en las cuales se bisectan todos los puntos a CI y CD en 3 oportunidades (con 3 orígenes angulares distintos en el caso de direcciones horizontales). Tras un ajuste por mínimos cuadrados de las direcciones, cada serie efectuada brindará un desvío estándar correspondiente a una dirección observada a CI y CD y promediada (método de Bessel).

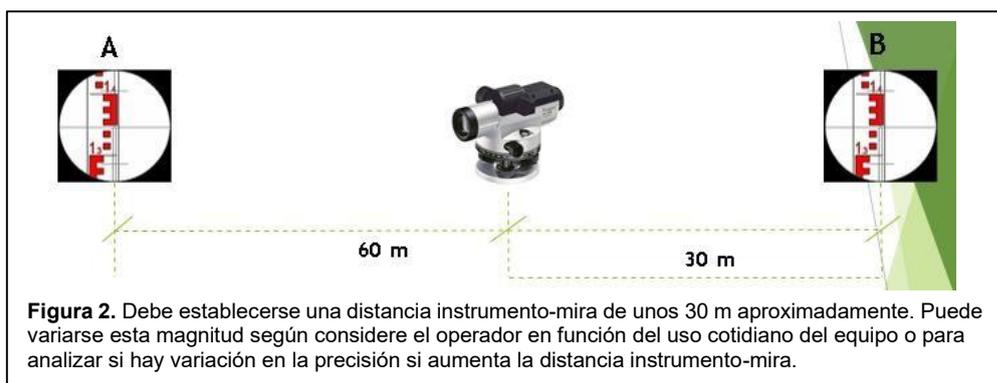
Realizar solamente una serie de observaciones implicará realizar el método simplificado, que brindará un desvío estándar  $S$  que sirva para tener una noción de la precisión con la que el equipo está midiendo. En cambio, realizar 4 series de observaciones (las cuales pueden ser realizadas en días distintos, bajo distintas condiciones atmosféricas, por ejemplo) brindará un desvío estándar  $S_{ISO-THEO-HZ}$  (direcciones horizontales) o  $S_{ISO-THEO-V}$  (direcciones verticales) correspondiente a una dirección leída a CI y CD y promediada.

El hecho de realizar 4 series de observaciones brinda un estadístico robusto con 32 grados de libertad estadísticos, lo cual provee de mayor confiabilidad al estimador de precisión. Así, finalmente, la norma provee criterios estadísticos para saber si la precisión experimentalmente obtenida es menor a la precisión de referencia (en general, la precisión indicada por el fabricante). Para ello se apela a la distribución probabilística  $X^2$ , que establece, en función a un nivel de confianza del 95% y 32 grados de libertad, que si  $S_{ISO-THEO-HZ} < 1.2 * \sigma$  (siendo  $\sigma$  la precisión de referencia según fabricante) entonces el equipo se encuentra en tolerancia, caso contrario, debería ser calibrado en un laboratorio especializado.



Si lo que se busca es analizar la precisión con la que está operando un equialtímetro, debe recurrirse a la norma ISO 17123-2. El procedimiento que detalla consiste en realizar series de tiros de nivelación, para obtener el desvío estándar para la nivelación de un tramo de un kilómetro en ida y vuelta, es decir, el error kilométrico, comparable con el de referencia según fabricante (Figura 2).

Realizando 40 repeticiones del tiro de nivelación, siguiendo un protocolo establecido, se arribará, tras los cálculos pertinentes, a un indicador estadístico del error kilométrico del instrumento *SISO-LEV*, es decir, el desvío estándar de una nivelación ida y vuelta de 1 Km de longitud. El análisis estadístico, en base a la distribución probabilística  $X^2$  con 38 grados de libertad y nivel de confianza del 95%, establece que si  $SISO-LEV < 1.19 * \sigma$  (siendo  $\sigma$  el error kilométrico según fabricante) entonces se puede considerar en tolerancia el error kilométrico obtenido experimentalmente.



Se han estudiado los conceptos volcados en la norma ISO 17123-4, para abordar la medición electrónica de distancias (EDM) en estaciones totales, de modo tal de poder inferir que una estación total está midiendo distancias insesgadamente. Para ello se ha realizado una medición entre dos puntos monumentados en pilares de la estructura del edificio universitario. Esta línea

base posee una distancia considerada como valor conocido a los efectos del contraste. Sobre esta línea de investigación se continuará trabajando.

### Resultados y discusión

El parque instrumental topográfico estuvo a disposición para ser sometido a las rutinas descriptas. En muchos casos, los resultados obtenidos estuvieron en tolerancia respecto a las precisiones indicadas por los fabricantes. En otros, como un equialtímetro con compensador defectuoso, la rutina de medición permitió arribar a una conclusión cabal sobre la necesidad de enviar el equipo a reparación en un servicio técnico especializado.

Para cumplimentar estas metas se aprovechó el espacio de la Facultad de Ingeniería – Sede Las Heras, empleando infraestructura existente y adquiriendo accesorios necesarios para las rutinas y los controles y reparaciones menores llevadas a cabo (Figura 3).



Figura 3. Infraestructura para montaje de equipos.

### Conclusiones

La puesta en práctica de las normas ISO, en el marco de un Taller de Instrumental bajo cuya ala se desarrollen tareas de verificación de instrumental, mantenimiento rutinario y reparaciones menores, aporta a la comunidad docente y alumna del Departamento de Agrimensura una herramienta que propicia la puesta en valor del instrumental topográfico y geodésico. Asimismo, promueve la participación activa de estudiantes, quienes así fortalecen sus conocimientos y aptitudes, incorporando criterios y prácticas útiles a futuro. Hay mucho por desarrollar e investigar, en relación a otras normas ISO (9001, 17025) que tratan la temática de los laboratorios de instrumental topográfico.

### Agradecimientos

A la entusiasta y comprometida participación Lucas Balderrama, Cristian Bove, Matías Tristán, Tomás Barello y Victoria Ortega, estudiantes sin cuya participación el norte a seguir sería más difuso y el devenir del proyecto menos virtuoso.



## Referencias

JCGM (2012). JCGM 200:2012. Vocabulario Internacional de Metrología – Conceptos básicos y generales, y términos asociados (VIM). 3ª Edición en español 2012, Versión 2008 con correcciones menores. Dirección de Metrología – INACAL – Perú.

ISO (2001). International Standard ISO 17123-3.2001(E). Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments- Part 2: Levels. International Standardization Organization.

ISO (2001). International Standard ISO 17123-3.2001(E). Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments- Part 3: Theodolites. International Standardization Organization.

Mingo O.; Ortiz Basualdo E. (1996). CÁLCULO DE COMPENSACIÓN de mediciones topográficas. Buenos Aires, Argentina.



## Relevamiento Planialtimétrico Conformación Sitio de Memoria y DDHH

**A. E. Mendez<sup>1\*</sup>, A. Prieto<sup>1\*\*</sup>**

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Agrimensura.

\* [aemendez@fi.uba.ar](mailto:aemendez@fi.uba.ar), \*\* [aprieto@fi.uba.ar](mailto:aprieto@fi.uba.ar)

### Resumen

En la asignatura Trabajo Profesional los estudiantes desarrollan actividades donde se representan situaciones reales relacionadas con el servicio a la comunidad, en donde se exponen las competencias específicas del título. En este informe se detallarán las tareas realizadas en el Relevamiento Planialtimétrico que se realizó en el predio “El Vesubio” las cuales tuvieron como objetivo realizar las mediciones y relevamientos con técnicas y métodos variados, necesarios para la transformación del predio donde funcionó el Centro Clandestino de Detención en un sitio de Memoria.

“El Vesubio” fue un centro clandestino de detención que comenzó a funcionar en 1975 hasta 1978, se encontraba bajo el control operativo del Comando Primer Cuerpo del Ejército. El predio donde funcionó el CCDTyE es de aproximadamente 1 hectárea y se encuentra ubicado en Aldo Bonzi, partido de La Matanza. En su momento, los sobrevivientes creían, según sus vivencias y recuerdos que eran tres las edificaciones en donde se desarrollaba este centro y una pileta. En la actualidad quedaron vestigios de las construcciones, que fueron demolidas por los mismos militares en el año 1978, las cuales se pretenden conservar y realizar estudios arqueológicos de las mismas y además, como se expresó anteriormente, crear un espacio de memoria.

Para llevar a cabo el relevamiento, se utilizaron diferentes técnicas de medición con diferentes instrumentales: Vuelo VANT, mediciones GNSS, estación total y nivel. Por lo tanto, se obtuvieron diversos resultados correspondientes a cada técnica aplicada, como un producto cartográfico, cotas ajustadas por mínimos cuadrados, un ortomosaico y una nube de puntos. En una instancia final, el objetivo fue integrar toda la información en dos planos. Con la información previa recopilada se recorrió el predio y se decidió colocar nueve puntos de apoyo fotogramétricos de manera estratégica y repartidos de la manera más homogénea posible por todo el predio. Luego, se dividieron las tareas en 4 grupos: uno para realizar el relevamiento con equipo GNSS, otro para hacer una nivelación geométrica a los PAF y otros dos grupos para medir con estación total los hechos existentes y puntos de terreno natural. Adicionalmente, se realizó un vuelo VANT en el que participamos todos los estudiantes para así poder conocer más esta herramienta y su manera de operarla.



Al terminar este trabajo se obtuvo un plano del relevamiento con cotas ajustadas por mínimos cuadrados, un ortomosaico y una nube de puntos. Esto quiere decir que hubo una superabundancia de datos lo cual fue muy útil para poder evitar que no haya ningún error grosero y por si faltaba algún dato en alguna técnica de medición. El trabajo de los Ingenieros Agrimensores es muy importante para la comunidad, como en este trabajo con el cual se obtuvieron documentos que permitieron que se pueda conformar un Espacio de Memoria y DDHH del predio “El Vesubio” lo cual es un hecho muy importante para que los familiares de las personas que estuvieron detenidas en el lugar puedan recordar y conmemorar a sus seres queridos.

**Palabras clave:** Relevamiento; Vesubio.

## Introducción

El predio relevado se puede visualizar en el portal CartoARBA donde puede visualizarse dicha parcela en toda su extensión y puede identificarse el área que abarcaba el Centro Clandestino de detención.



**Figura 1:** área que abarcaba el centro Clandestino de detención dentro de la parcela 1284c

Se recorrió el predio junto con los miembros de la Municipalidad de la Matanza, miembros del Ministerio de Justicia, sobrevivientes y familiares, en donde se analizaron los hechos existentes que había que relevar y se definieron los equipos de trabajo.

## Materiales y métodos

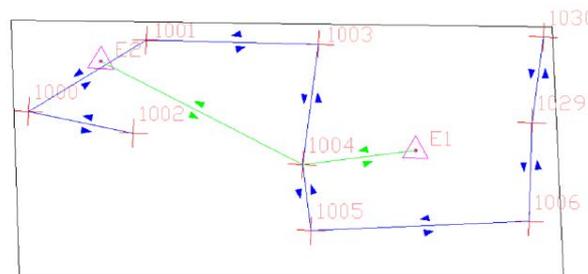
Se decidió colocar nueve puntos de apoyo fotogramétricos de manera estratégica y repartidos de la manera más homogénea posible por todo el predio. Luego, se dividieron las tareas en 4 grupos: uno para realizar el relevamiento con equipo GNSS, otro para hacer una nivelación geométrica a los PAF y otros dos grupos para medir con estación total los hechos existentes y puntos de terreno natural.

El relevamiento planialtimétrico realizado con Estación Total (E.T.) se hizo con dos equipos, cada estación total realizó el relevamiento de los hechos existentes de cada mitad del predio. Se garantizó relevar alambrado perimetral, terreno natural, monumento, vestigios de edificación. También se relevaron puntos que no pudieron ser alcanzados por los equipos GNSS y VANT dadas las limitaciones del predio.



**Figura 2:** área de relevamiento realizado por cada equipo y ubicación de los puntos estación.

La nivelación geométrica se realizó pasando por los puntos PAF y los puntos estación.



**Figura 3:** Croquis de nivelación.

La medición con equipo GNSS se realizó para poder vincular el relevamiento al Marco de Referencia Nacional (POSGAR07) y poder tener las coordenadas de los PAF para poder generar una ortofoto. Se realizó una medición estática diferencial mediante dos sesiones independientes, las cuales se unieron en un único archivo de observables de aproximadamente 3 horas. Para la vinculación al marco de referencia Nacional, se analizó las estaciones permanentes de la Red RAMSAC que se encontraban cerca, siendo la más cercana IGM1, ubicada a una distancia aproximada de 18 km.

El vuelo fue realizado por el colaborador Mariano De Laurentis. Se realizó para poder generar un ortomosaico rectificado y un modelo digital de elevaciones. Se buscó una superposición longitudinal y transversal del 80%. En este caso se realizaron vuelos a 80m y a 120m para poder tener abundancia de datos. Por otro lado, se realizaron los vuelos con dos modelos de drone diferentes: un DJI Matrice 200 y DJI MavicSE.

### Resultados y discusión

En gabinete, se realizó el procesamiento de los vectores con el software Trimble Business Center (TBC). Del procesamiento de la línea base se obtuvo una solución FIJA con una precisión en planimetría de 0.010 m y en altimetría de 0.046 m. Obtenida la coordenada del punto Base, la misma se estableció como

punto de control para procesar los puntos Stop tomados en sitios de interés en el predio. Para eso se insertó el archivo de los puntos STOP and GO, y se procesó los vectores cortos con el TBC.

Una vez definida la planimetría, se determinó como marco altimétrico el Sistema de Referencia Vertical Nacional SRNV 16. Para eso, se aplicó el modelo de geode del IGN. Es decir, a los puntos con altura elipsoidal se le resto la ondulación geoidal (N) del lugar para así obtener la cota ortométrica.

Se pasaron en limpio los datos de la nivelación para poder realizar la compensación por mínimos cuadrados. Adicionalmente, se agregó como dato las cotas obtenidas con medición GNSS de los puntos 1001 y 1006. Mediante mínimos cuadrados se obtuvieron las cotas y el error kilométrico de cada punto.

$$Z1000 = 8.670m \pm 1.1mm$$

$$Z1002 = 9.852m \pm 1.4mm$$

$$Z1003 = 8.320m \pm 1.0mm$$

$$Z1004 = 9.244m \pm 1.1mm$$

$$Z1005 = 9.415m \pm 1.1mm$$

$$Z1029 = 8.742m \pm 0.9mm$$

$$Z1030 = 8.037m \pm 1.3mm$$

Para el procesamiento del vuelo se utilizó el Software PIX4D. Se realizaron las orientaciones interna y externa, y se utilizaron los puntos de apoyo fotogramétricos.



**Figura 4:** Mosaico rectificado.

Con las diferentes mediciones realizadas se utilizó el software Autocad para obtener el plano de relevamiento planialtimétrico en donde se pueden observar las curvas de nivel, la ubicación de los vestigios de las construcciones con su superficie, el monumento actual y todos los detalles relevados. Se obtuvieron



dos planos finales:

- Relevamiento Planialtimetrico “El Vesubio”
- Mosaico Rectificado junto con el Relevamiento Planialtimetrico “El Vesubio”

### **Conclusiones**

Al terminar este trabajo se obtuvo un plano del relevamiento con cotas ajustadas por mínimos cuadrados, un ortomosaico y una nube de puntos. Esto quiere decir que hubo una superabundancia de datos lo cual fue muy útil para poder evitar que no haya ningún error grosero y por si faltaba algún dato en alguna técnica de medición.

El trabajo de los Ingenieros Agrimensores es muy importante para la comunidad, como en este trabajo con el cual se obtuvieron documentos que permitieron que se pueda conformar un Espacio de Memoria y DDHH del predio “El Vesubio” lo cual es un hecho muy importante para que los familiares de las personas que estuvieron detenidas en el lugar puedan recordar y conmemorar a sus seres queridos.

### **Agradecimientos**

Se agradece a las autoridades de la carrera Ingeniería en Agrimensura, los miembros de la Municipalidad de la Matanza, miembros del Ministerio de Justicia, sobrevivientes y familiares, por permitirnos realizar este trabajo.



## Herramientas para la gestión del Bosque Urbano del Área Metropolitana de Mendoza: estrategias digitales para guiar la mejora del arbolado

A.O. Femenía<sup>1,5\*</sup>; N. Testori<sup>1</sup>; E. Montaña<sup>2</sup>; A. Hidalgo<sup>3</sup>; M.A. Ruiz<sup>4</sup>; G. Picolella<sup>1</sup>; M.S. Morello<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Juan Agustín Maza, Facultad de Ingeniería y Enología. Argentina.

<sup>2</sup> CONICET. INCIHUSA. Mendoza. Argentina.

<sup>3</sup> Municipalidad de la Ciudad de Mendoza. Argentina.

<sup>4</sup> CONICET. INAHE. Argentina.

<sup>5</sup> UNICIPIO. Secretaría de Infraestructura y Ordenamiento Territorial Mendoza. Argentina

\*alfredofemenia@gmail.com

### Resumen

El arbolado público del Área Metropolitana de Mendoza conforma un valioso socio-ecosistema que aporta múltiples beneficios a la calidad de vida urbana, entre estos se encuentran la reducción de la temperatura, la mejora de la calidad del aire, la regulación de la iluminación natural. Además, este entorno de calles con acequias y arbolado es un atractivo turístico y patrimonio cultural.

La necesidad de conservación y mejora del arbolado se ve ampliado en un contexto de cambio climático y de usos del agua del oasis.

La investigación se apoya en análisis espacial con herramientas avanzadas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y teledetección, a la vez de integrar el conocimiento de referentes y gestores del arbolado.

El Sistema de Gestión digital del Arbolado Público “Mi Árbol”, implementado en 2021 es un gran avance hacia la gestión digital, sin embargo, se han identificado aspectos que dificultan su uso efectivo en la gestión, entre ellos, la relación de recursos humanos y los errores detectados en las mediciones, así como la falta de actualizaciones de eventos importantes como caídas de árboles o erradicaciones. Estas deficiencias afectan la fiabilidad del sistema y obstaculizan la capacidad de toma de decisiones informadas en la gestión.

La medición precisa del arbolado y de las características del entorno es fundamental para el desarrollo de indicadores que optimicen la gestión del arbolado urbano. Al implementar métodos de cuantificación que incluyan el análisis de la densidad de árboles, la cobertura de canopia, la biodiversidad de especies y las condiciones del entorno, se pueden obtener datos relevantes que permitan evaluar la salud del ecosistema urbano. Estos indicadores no sólo facilitan la identificación de áreas críticas que requieren intervención, sino que también permiten establecer correlaciones entre el arbolado y factores ambientales, como la calidad del aire y la temperatura. De esta manera, una gestión basada en datos objetivos y medibles promueve la sostenibilidad del arbolado, maximizando sus beneficios ecosistémicos y mejorando la calidad de vida de la población.

**Palabras clave:** arbolado urbano; beneficios ecosistémicos; gestión del arbolado.



## Introducción

La construcción de modelos urbanos con información de calidad es de alto valor científico y de gestión para el diagnóstico, evaluación y toma de decisiones. Específicamente, en lo que se refiere a arbolado urbano los censos y la construcción de modelos son de vital importancia. Contar con información georreferenciada de las especies, estado sanitario, salud, entre otros permite una gestión eficiente del arbolado (Geraldi, 2021). Dentro del Área Metropolitana de Mendoza (AMM) el árbol es un elemento vital del paisaje y brinda diversos beneficios de orden ambiental, estético, paisajístico, recreativo, patrimonial, social y económico, los cuales son aprovechados de variadas formas por la población. El arbolado lineal desempeña diversas funciones, tales como la mitigación de la isla de calor urbana, el mejoramiento del confort térmico exterior, la disminución del consumo de energía en verano, la conservación del agua y la energía, la mejora de la calidad del aire, la reducción de la escorrentía pluvial y de las inundaciones, la disminución de los niveles de ruido, y el suministro de hábitat para la fauna silvestre (Correa et al., 2012; Ruiz et al., 2022; Ruiz y Correa, 2018; Livesley et al., 2016; Duval y Benedetti, 2017). La optimización de los beneficios generados por los árboles está directamente relacionada con características del arbolado tales como la cobertura, composición, densidad, distribución y su estado de salud (Abell et al., 2008; James et al., 2009).

A pesar de sus múltiples beneficios, el arbolado urbano se desarrolla en un entorno hostil caracterizado por interferencias con servicios públicos, estrés por calor y, especialmente en climas semiáridos, escasez hídrica (Martinez et al., 2017). Estas condiciones adversas subrayan la importancia de utilizar sistemas de información geográfica para acceder rápidamente a la información, resolver problemas y responder a preguntas de manera eficiente. Entonces, el mantenimiento y el buen funcionamiento de los ecosistemas urbanos constituye la base para el desarrollo sostenible de las ciudades, siendo los árboles uno de los elementos más importantes para lograr este buen funcionamiento (Apud y Commons, 2020), el cual es más eficiente y eficaz teniendo información georreferenciada disponible. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar análisis e indicadores como herramientas para guiar la gestión eficiente y sustentable del bosque urbano del AMM a partir de los datos aportados por el Sistema de Gestión digital del Arbolado Público “Mi Árbol” (2021) y datos posteriores.

## Materiales y métodos

Inicialmente se realizó un convenio de colaboración con el área Unicipio del Gobierno de Mendoza, el cual coordina políticas de los 7 municipios del AMM, que es quien realizó el Censo de arbolado público viario y nos brindó así la posibilidad de realizar el análisis de un volumen muy alto de información sistematizada en un Sistema de información Geográfica aplicado llamado “Mi árbol”. Por lo que se planeó realizar el trabajo mediante bases de datos y métodos de sistemas de información geográfica (SIG). En una primera instancia se obtuvieron las estadísticas generales del censo y se integró la información en una base de datos apta para el análisis SIG (base de arbolado, sitios de plantación y cobertura de entorno) con 630.820 registros de sitios de plantación

con 32 variables, lo que hace una base de más de 20 millones de datos. La red vial es de 3.570 km dividida en 43.000 segmentos y se contabilizaron 6.760 km de acequias en 85.000 objetos. También se trabajó con una cobertura de información vectorial de 1.360.000 polígonos para la canopia obtenida por teledetección.

Luego de realizar pruebas y ensayos se concluyó que la mejor unidad de análisis para integrar la información es el “tramo”, definido como el área de la cuadra derivada del segmento de calle o sector de calle entre intersecciones y con límites laterales en las líneas de cierre municipales (Figura 1), ya que nos permite tener una visión general del estado del arbolado en relación al entorno en un mapa a escalas de trabajo municipal, pero también a la modalidad de intervención que tienen los municipios, en cuanto a distintas tareas y seguimiento de las mismas.

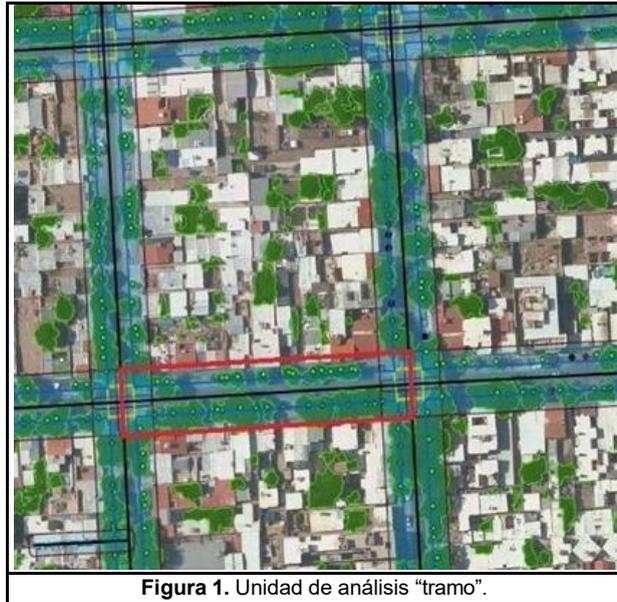


Figura 1. Unidad de análisis “tramo”.

Se realizaron procesos complementarios para tratar la base de la red vial (lineal) en cuanto a tipo de material, tipo de vía, si es pública o privada y el ancho de esta para darle los valores a las variables de cada “tramo”.

Posteriormente, para obtener la unidad "tramo" en formato de polígono, se realizaron procesos basados en el ancho de calle y las líneas de cierre. Esta unidad permite agrupar información sobre el arbolado y su entorno a nivel de cuadra. Además, se definieron las áreas urbanas de los municipios que integran el Uunicipio como unidades de análisis para la integración de información, denominadas áreas de gestión del arbolado en este estudio.

Si bien en este censo sólo se registró el arbolado viario, también se dimensionó la canopia en espacios verdes y recreativos, públicos y privados mediante teledetección.

Se asignó la superficie de canopia a las unidades (tramos). La fuente de esta información es la teledetección de canopia desde un vuelo aerofotogramétrico del mismo censo. Se obtuvieron así los indicadores “área de cobertura de canopia por tramo”, “porcentaje de cobertura de canopia por tramo”, “cantidad de árboles por tramo”, “canopia media por árbol” y “distancia media entre árboles”. Además, los tramos mantienen su vinculación a cada árbol para realizar múltiples análisis. Se advierte la dificultad de asignación de canopia a cada árbol cuando la canopia es continua; sin embargo, al trabajar la información por tramo este aspecto no causó mayores problemas.

Con el objetivo de identificar aspectos del entorno y sus normativas que

tengan incidencia directa en el estado del árbol, su sustentabilidad, contribuir a la definición de normas de la estructura de entorno y de las especies a implantar, es necesario lograr el conocimiento del entorno del árbol, se trabajó entonces en completar y ampliar datos del censo con apoyo en la información existente y la observación del vuelo aerofotogramétrico. Además, con herramientas de proceso SIG se realizaron cálculos nuevos de distancias como en el caso de ancho de calle y otras distancias de entorno. Así se consolidaron las bases de datos de sitios de plantación, árboles, acequias, calles y otros, que permitieron estadísticas generales y el análisis de la relación con el arbolado. Se realizó un análisis de lo relevado en el censo de arbolado, respecto del tipo de vía y jurisdicción.

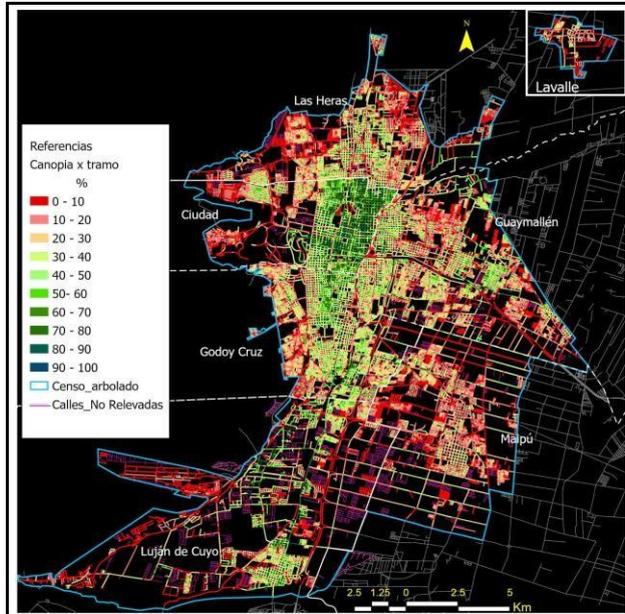


Figura 2. Porcentaje de cobertura de canopia por tramo.

### Resultados y discusión

En primer lugar, se analizó el porcentaje de cobertura de canopia por tramo (Figura 2). Se observa bajo porcentaje de cobertura en los barrios más alejados y en los accesos a la ciudad (esto último está bien está bien y corresponde a la normativa vial). La cobertura media es baja (22.8%). Sin embargo, en el microcentro las avenidas presentan un alto porcentaje de cobertura. Godoy Cruz también tiene buenos porcentajes, pero Guaymallén no. Esto puede deberse a la diferencia de tamaño o edad de los forestales. También puede influir las especies presentes. Sin lugar a duda la zona más antigua del área metropolitana posee la mayor cobertura de canopia y se ve reflejado en la magnitud de las especies utilizadas en la época en la que fueron plantados y su edad. Al analizar la distancia media entre árboles vitales (Figura 3), se obtuvo un valor medio por tramo

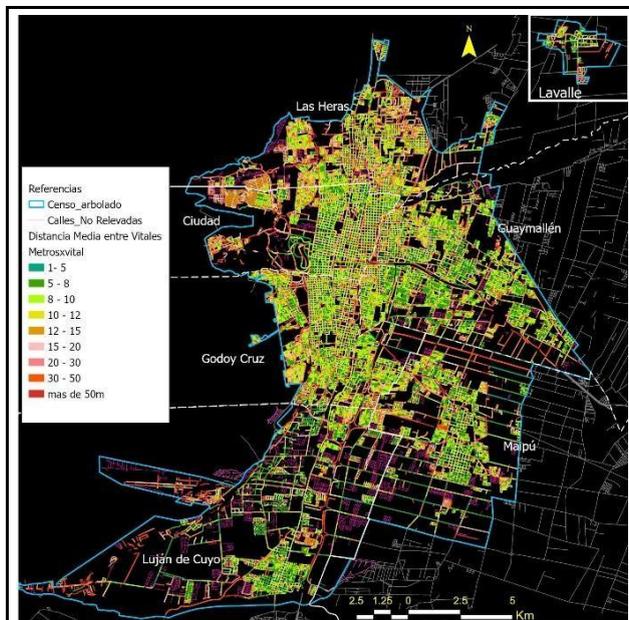


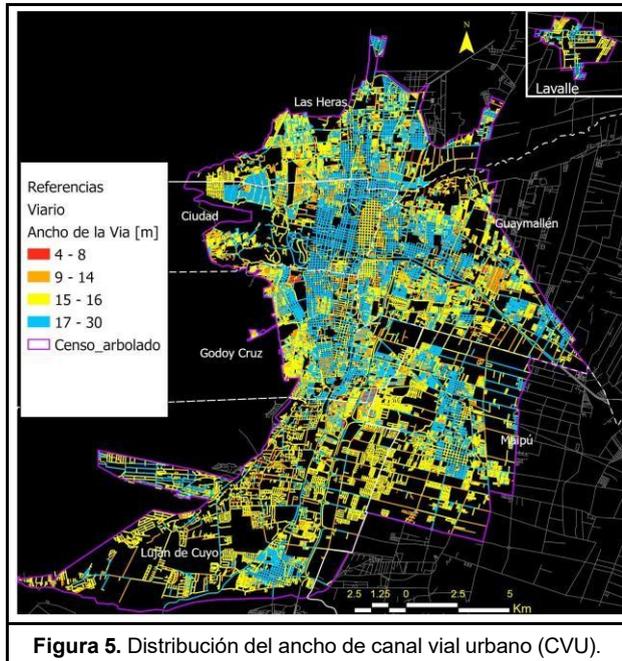
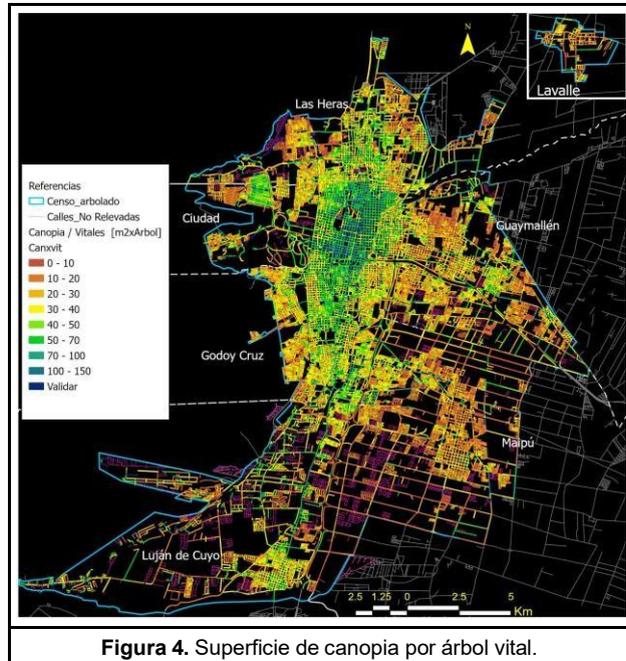
Figura 3. Distancia media entre árboles vitales por tramo.

calculado (metros de acequia dividido por la cantidad de árboles en cada tramo). Se encontró que la mediana de este indicador duplica la distancia respecto a lo que indica la Ley Provincial 7874/08, la cual establece en su art. 65 un valor de referencia de 5 m. Este valor aumenta debido a la presencia de nichos vacíos, puentes, árboles muertos y tocones.

Por otro lado, en las áreas más consolidadas con buenos porcentajes de cobertura de canopia y especies de gran porte, este valor es naturalmente mayor en comparación con los valores de un barrio nuevo. Este indicador presenta gran homogeneidad en las áreas consolidadas urbanas, aunque el piedemonte y el norte del gran Mendoza evidencian valores mayores.

En cuanto a la superficie de canopia por árbol vital, la Figura 4 expresa la “eficiencia” de los árboles en términos de cobertura de canopia, es decir a mayor valor de este indicador, mayor cobertura con menor cantidad de árboles. Se confirma lo dicho precedentemente: las calles céntricas presentan mayor superficie cubierta con canopia vegetal teniendo menos árboles vitales por metro. La media es de 35 m<sup>2</sup>/árbol y la mediana es de 29 m<sup>2</sup>/árbol. Los casos más graves se observan en Maipú y Guaymallén. Si bien tienen alta tasa de árboles vitales por metro, la cobertura de la canopia es baja. Al tener en cuenta que son las zonas del AMM hacia donde más ha crecido la ciudad, puede deberse a que aún son ejemplares jóvenes. También sería prudente —en el futuro— evaluar la poda que se realiza en estos ejemplares.

Cuando se analiza la cantidad de árboles y la superficie de canopia según el ancho del canal vial urbano (CVU, ver Figura 5), se nota una mayor cantidad de árboles por km en los CVU de 18 a



20 m, seguidos por los CVU de 10 a 14 m de ancho. El porcentaje de canopia por ha también es superior en los CVU de 18 a 20 m (40% de cobertura) y en los de 10 a 14 m (32% de cobertura). Los CVU de 16 m se presentan en gran proporción en el AMM, pero no cuentan con una buena cantidad de árboles por km ni con altos porcentajes de canopia por ha.

Konijnendijk (2023) propone la Regla 3-30-300, con la finalidad de desarrollar una regla simple y moldeable a las distintas condiciones urbanas, basándose sólo en tres indicadores:

- *3 árboles por cada hogar, escuela y lugar de trabajo.* Este indicador consiste en que se debería ver al menos 3 árboles establecidos desde cada hogar, escuela y lugar de trabajo.

- *30% de cobertura arbórea en cada vecindario.* Establece que a nivel de barrio debiera existir un 30% de cobertura arbórea. Este indicador está siendo adoptado por varios países para el aumento de la cobertura arbórea, como una estrategia para mitigar los impactos de la urbanización y el cambio climático (Walters & Sinnett, 2021).

- *A 300 m del parque o espacio verde más cercano.* Para el desarrollo de este indicador el autor se basa en la recomendación de la OMS, que indica que cada ciudadano debe tener al menos 1 a 0,5 ha de área verde pública a menos de 300 m, debido a que dentro de estos espacios puede existir una mayor biodiversidad y se puede realizar distintas actividades recreativas. Asimismo, se debe buscar que estas áreas sean de calidad y tengan vegetación arbórea para proporcionar sombra (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2017). En la

Figura 6 se puede observar una gran proporción de tramos que cumplen con la regla 3-30-300 (en verde). Sin embargo, se observan áreas en el casco céntrico en las que los espacios verdes se encuentran a más de 300m (3-30-000, en azul). Por otro lado, en la periferia existen zonas en las que la cobertura es menor a 30% y otras en las que la cantidad de árboles por hogar, escuela o lugar de trabajo no llega a 3, así como también distintas combinaciones de falencias. Cabe destacar que no se tuvo en cuenta un área mínima de copa por árbol, sino que se contabilizaron todos los árboles vivos.

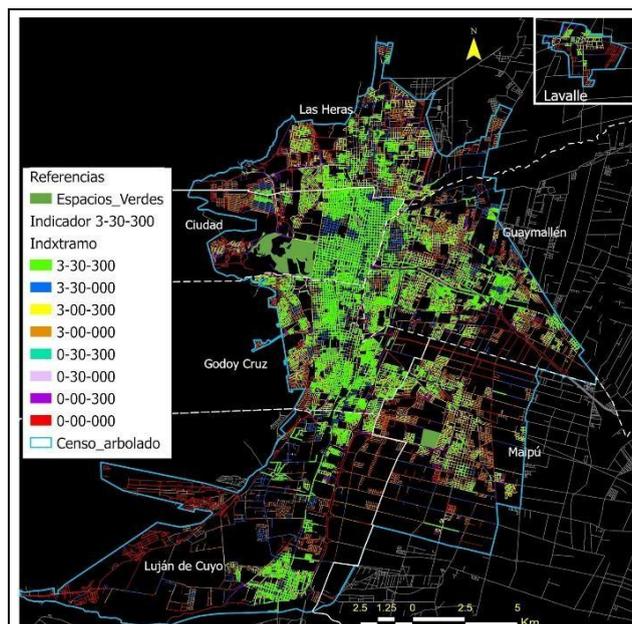


Figura 6. Regla 3-30-300.



## Conclusiones

Los indicadores presentados para la unidad de tramo permiten una buena descripción de la realidad del arbolado y su entorno, a la vez de dar la posibilidad de establecer líneas de acción directas hacia la planificación y la gestión del arbolado.

Si bien estos indicadores ya muestran los primeros resultados que visibilizan la realidad del bosque urbano Metropolitano, se seguirá profundizando el análisis. También se avanzará sobre indicadores que puedan ayudar con la interpretación de la realidad del riego del arbolado. Se ampliará el análisis para incluir los beneficios ecosistémicos, datos de la gestión del arbolado y recursos asignados.

El resultado del trabajo no es sólo un análisis de datos, sino la construcción de una base de datos como herramienta para continuar el análisis de estos y relacionarlos con variables nuevas, actualizaciones de datos, relevamientos de entorno y otras variables ambientales.

En el futuro, se espera generar un avance significativo sobre el conocimiento de la realidad del arbolado público del Área Metropolitana de Mendoza, para que pueda traducirse en una visibilización de problemáticas de sustentabilidad, peligrosidad y gestión, de manera que este conocimiento impacte en las acciones correctivas y de planificación de los organismos a cargo del arbolado y del entorno urbano, así como también las necesidades de mejora y actualización permanente del sistema de gestión de arbolado.

Se considera importante aportar al involucramiento de los distintos actores para lograr la mejora del sistema de gestión del arbolado, como también su especialización mediante el aporte de la experiencia de los gestores, la participación de la investigación, de los estudiantes y la ciudadanía en general.

## Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con fondos provistos por la Universidad Juan Agustín Maza, en el marco del proyecto de investigación y gracias al convenio de colaboración con el área de UNICIPIO, Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Territorial, Gobierno de Mendoza. Se hace extensivo el agradecimiento a la colaboración de las áreas de arbolado de los Municipios.

## Referencias

Abell, R., Thieme, M.L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., Coad, B., Mandrak, N., Balderas, S.C., Bussing, W., Stiassny, M.L.J., Skelton, P., Allen, G.R., Unmack, P., Naseka, A., Ng, R., Sindorf, N., Robertson, J., Armijo, E., Higgins, J. V., Heibel, T.J., Wikramanayake, E., Olson, D., López, H.L., Reis, R.E., Lundberg, J.G., Sabaj Pérez, M.H. and P. Petry, 2008. Freshwater ecoregions of the world: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*, vol. 58, no. 5, pp. 403-414. <https://doi.org/10.1641/B580507>

Apud, A., Isabel, D. y C. Commons, 2020. Evaluación de la diversidad clásica y funcional del arbolado urbano de la ciudad de La Rioja, Argentina. Universidad Nacional de Quilmes, RIDAA. Maestría en Ambiente y Desarrollo Sustentable.



Correa, E. N., Ruiz, M. A., Cantón, M. A. and G. Lesino, 2012. Thermal Comfort in Forested Urban Canyons of Low Building Density. An Assessment for the City of Mendoza, Argentina. *Building and Environment* 58: 219-230. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.06.007>

Duval, V. y G. Benedetti, 2017. Diagnóstico del arbolado público del entorno de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. En: F. I. Contreras (comp.), *Libro de la Junta de Geografía* (1a ed., pp. 5-17). Saladas: Junta de Geografía de la Provincia de Corrientes.

Geraldi, A. M., 2021. Aportes metodológicos para censos de arbolado urbano en ciudades medianas. Caso de estudio: Pigüé, Argentina. *Rev. CFORES* 9(3): 340-355.

Konijnendijk, C. C. (2023). Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3–30–300 rule. *Journal of Forestry Research*, vol. 34, pp. 821–830. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01523-z>

Livesley, S. J., McPherson, E. G. and C. Calfapietra, 2016. The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. *J. Environ. Qual.* 45: 119–124. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567>

Martinez, C. F., Ruiz, M. A. y L. Atencio, 2017. Proyecto integral de forestación y reforestación urbana para Mendoza. Sustentabilidad ambiental del bosque urbano para ciudades de zonas áridas de Argentina"- Etapa 1 UNICIPIO - Provincia de Mendoza. Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía INAHE – CCT CONICET Mendoza. 96 pp.

Ruiz, M. A., Colli, M. F., Martinez, C. F. and E. N. Correa, 2022. Park Cool Island and Built Environment. A Ten-Year Evaluation in Parque Central, Mendoza-Argentina. *Sustainable Cities and Society* 79, 103681. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103681>

Ruiz, M. A. y E. N. Correa, 2018. Esquemas Urbano-Forestales en una "Ciudad Oasis" de Zona Árida: Mendoza (Argentina). Influencia sobre el Consumo Energético Residencial. *Informes de la Construcción* 70, 549, e239. <https://doi.org/10.3989/ic.16.135>

Walters, M., & Sinnett, D. (2021). Urban Forestry & Urban Greening Achieving tree canopy cover targets: A case study of Bristol, UK. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 65, 127296. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127296>

World Health Organization-WHO (2017). Urban green spaces: A brief for action. World Health Organization, Regional Office for Europe. Bonn.



## Detección de áreas agrícolas inundadas utilizando imágenes Sentinel 1

S.D. Graciani <sup>1\*</sup>, M. Brogioni <sup>2</sup>, M. Corti <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas,  
Departamento de Cartografía y Agrimensura.

<sup>2</sup> Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Istituto di Fisica Applicata (IFAC),  
Firenze - Italia

\*sgraciani@fich.unl.edu.ar

### Resumen

El principal objetivo de esta investigación fue determinar la superficie inundada en áreas de llanura a partir del uso de imágenes SAR, Sentinel 1B banda C polarización VV y VH. El área de estudio es la cuenca superior del Arroyo Cululú, localizada en el centro oeste de la Provincia de Santa Fe - Argentina (31° 10' Sur y 61° 50' Oeste). Para tal fin se compararon cinco algoritmos de clasificación, uno no supervisado: clasificación polarimétrica H - alpha; y cuatro supervisados: umbral manual, detección de cambios (índice de inundación y cociente) y parámetros polarimétricos. Estos algoritmos se validaron a través de la matriz de error obteniéndose una fiabilidad global del 83,4% para el seleccionado, resultante de la aplicación conjunta de los métodos supervisados de Umbral Manual y Detección de Cambios. El mismo presenta como ventajas: simplicidad y rapidez, la explotación de los conjuntos de datos de observación de la tierra (Big Data EO), la fácil selección de umbrales y la capacidad para delimitar tanto las superficies abiertas inundadas como las cubiertas por ciertos cultivos.

**Palabras Clave:** SAR, mecanismos de dispersión, umbral manual, detección de cambios.

### Introducción

En coincidencia con el objetivo número 13 “Acción por el clima” de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por la Organización de las Naciones Unidas, un mapeo preciso y rápido de estos fenómenos es un componente clave de los planes de gestión de emergencias y reducción del riesgo de desastres. En este trabajo se evalúa la aplicación de diversos métodos de clasificación supervisados y no supervisados con objeto de mapear inundaciones a partir de imágenes SAR. Además, se priorizó el empleo de datos SAR de descarga libre, tal el caso del SENTINEL 1 de la Agencia Espacial Europea (ESA). En la actualidad, la automatización y robustez para el mapeo de inundaciones en superficies abiertas, en donde el agua cubre completamente el suelo y la vegetación, se ha logrado con una precisión aceptable a partir del uso de Big Data EO (Shen et al., 2019). Sin embargo, aún no son satisfactorios para la detección de superficies inundadas debajo de la vegetación empleando datos SAR en diferentes bandas (X, L, etc.) y/o polarizaciones (simple, dual o cuádruple).

En las zonas rurales, la retrodispersión de doble rebote que involucra el tallo vertical de los cultivos con el suelo produce un alto retorno de la señal radar que puede incrementarse aún más por la presencia de agua debajo de las plantas (Pierdicca et al., 2014). Debido a la alta constante dieléctrica del agua (80), no hay penetración de las microondas en la misma, por lo cual la retrodispersión depende de la rugosidad superficial del agua. En un caso ideal, un cuerpo de agua abierto actúa como un reflector especular que dirige la radiación de microondas incidente lejos del sensor SAR en la dirección contraria al mismo, por lo cual la retrodispersión es nula y se aprecia en color negro en la imagen (Mason et al., 2007).

El retorno de la señal desde la vegetación inundada es muy variable y fuertemente dependiente de la longitud de onda y de la estructura y densidad del dosel (Richards et al., 1987). Sin embargo, las microondas emitidas por el sensor SAR, dado su capacidad para atravesar el dosel, ofrecen la posibilidad de mapear las inundaciones por debajo de la vegetación. Esto ocurre por el aumento de la retrodispersión debido al mecanismo de interacción (agua-tallo) de doble rebote entre la vegetación y el agua de la inundación (Salvia et al., 2010), ver Figura 1.

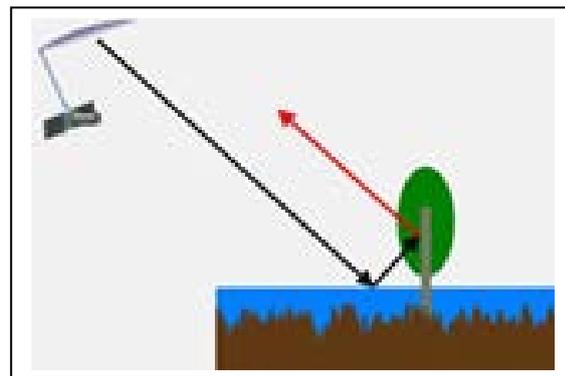


Figura 1. Dispersión de doble rebote en floresta inundada



Figura 2. Cultivo parcialmente inundado (izq.) y completamente cubierto por el agua (der.).(Caracci y Faure, 2017).

La Figura 2 arriba, muestra a la izquierda, un lote de maíz inundado parcialmente (entre 50 y 80 cm de agua), que provoca la dispersión doble rebote agua-tallo. A la derecha se puede ver otro lote inundado casi completamente que da lugar a la dispersión especular.

### Materiales y métodos

Se obtuvo información de relevamientos de campo realizados por personal del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA Rafaela, sobre el área de estudio, los días 3, 11 y 12 de enero de 2017. Se utilizaron imágenes SAR del satélite Sentinel 1B con las siguientes características: Banda C (5,6 cm), doble polarización (VV/VH), resolución espacial de 5x20 metros y ángulo de incidencia entre 38° y 46°, modo IW. Las mismas fueron descargadas gratuitamente de la página (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>). Se emplearon 2 imágenes en el nivel básico llamado formato complejo de un solo

look (SLC) y 8 en rango terreno observado (GRD). A continuación, se muestra en la Figura 3 el método utilizado para obtener un mapa de inundación en donde se incluyen las superficies abiertas inundadas (dispersión especular) y la vegetación inundada (doble rebote).

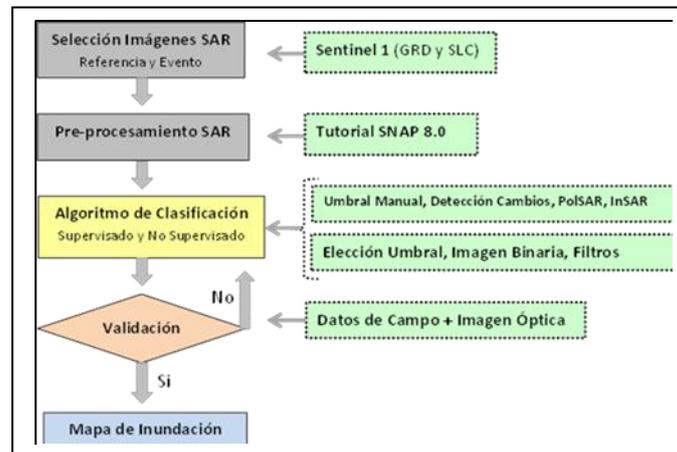


Figura 3. Método para la determinación del área inundada.

### Resultados y discusión

Para la aplicación del algoritmo de clasificación supervisado umbral manual se analizó la imagen Sigma0 ( $\sigma_0$ , formato GRD) con polarizaciones VV y VH adquirida el 14/01/2017. Además, se efectuó el cociente entre las bandas (VV/VH) y una composición color RGB\_VV-VH-VV/VH (Figura 4). En la misma se observan en color negro las áreas anegadas de agua “libre” en magenta los cultivos anegados resaltados por la polarización VV y el cociente VV / VH y en color azul otras áreas con dispersión especular. Continuando con el método, la segunda etapa consiste en determinar los umbrales a partir del análisis del histograma (Figura 5). Entonces, en el caso de VV el umbral fijado permitió separar los lotes con dispersión de doble rebote aguallo ( $\sigma_0$  VV  $\geq 0,25$ ), en el caso de VH el umbral seleccionado fue

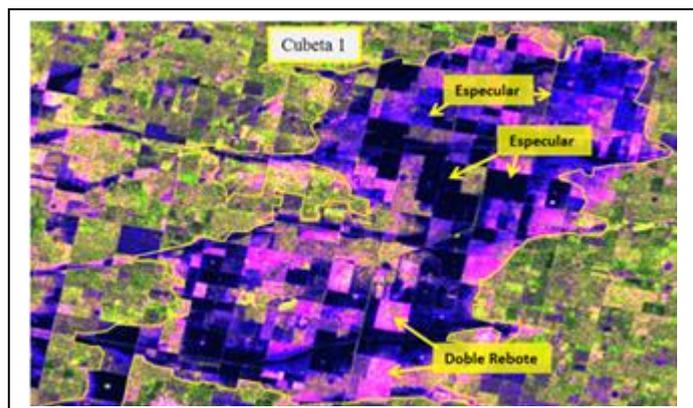


Figura 4. La composición color RGB\_VV-VH-VV/VH muestra en color negro y azul la dispersión especular y en magenta la de doble rebote.

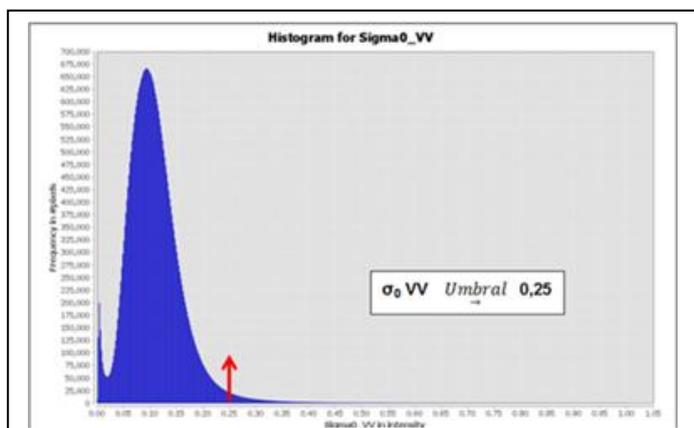
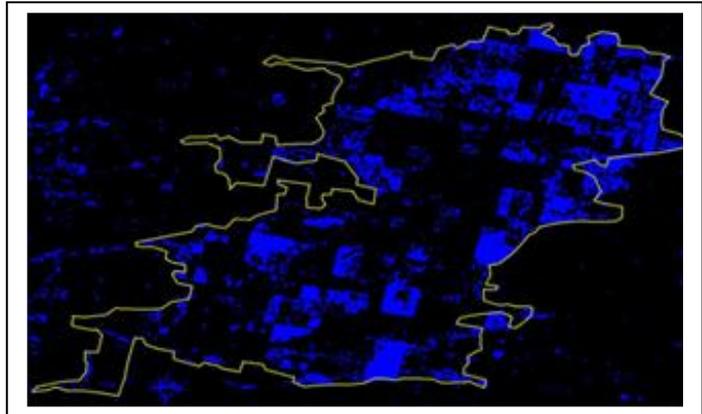


Figura 5. Histograma imagen  $\sigma_0$  VV mostrando el umbral aplicado para diferenciar las áreas inundadas con dispersión de doble

para separar las superficies con dispersión especular ( $\sigma_0$  VH  $\leq$  0,003). Luego, se continuó con la aplicación de los umbrales seleccionados, con objeto de generar la imagen binaria (agua - no agua), ver Figura 6.

Para confrontar el desempeño de los diferentes algoritmos de clasificación aplicados se determinó la superficie total inundada derivada, de cada mecanismo de dispersión (especular y doble rebote), por cada uno de estos (Tabla 1).



**Figura 6.** Imagen binaria obtenida del umbral aplicado al cociente VV / VH en azul se aprecian las áreas anegadas que son resaltadas por la dispersión de doble rebote agua-tallo.

**Tabla 1.** Superficie total inundada a partir de la dispersión especular y de doble rebote por los distintos algoritmos.

Algoritmos	Sup. Especular (Ha)	Sup. Doble Rebote (Ha)	Sup. Total
Umbral Manual	6831,29	<b>2815,27</b>	6831,29
NDFI NDFVI	5934,54	1641,07	5934,54
Cociente VV/VH - SLC	<b>9633,42</b>	287,55	9633,42
H-Alpha	3468,24	2445,92	3468,24
H - Alpha - Classif.	6367,85	2440,87	6367,85

A partir del análisis de los resultados observados, se decide aplicar un nuevo algoritmo de clasificación supervisado, al cual se denominó Mixto, que resultó de combinar los resultados obtenidos por los dos algoritmos que detectaban la mayor superficie especular y la de doble rebote. Entonces, en el algoritmo Mixto la superficie total inundada resulta de: Sup. Total Inundada=Cociente VV/VH-SLC (espec.) + Umbral Manual (doble rebote).

A continuación, se efectuó la validación de las imágenes binarias (agua y no agua), derivadas de los últimos tres algoritmos mencionados (Mixto, Cociente VV/VH - SLC y Umbral Manual), utilizando la matriz de error. En la Tabla 2 se puede observar el índice de Fiabilidad global y el Kappa.

**Tabla 2.** Índices de Fiabilidad global (%) y Kappa para los algoritmos seleccionados.

Algoritmos	Fiabilidad global [%]	Kappa
Mixto	83,4	0,6
Umbral Manual	77,6	0,5
Cociente VV/VH - SLC	66,1	0,3

## Conclusiones

Se concluye que se consiguió desarrollar un algoritmo (denominado Mixto) para la identificación de las superficies inundadas (abiertas y con vegetación) a partir del uso de imágenes SAR en banda C y polarización dual (VV - VH).

Este algoritmo tiene una performance similar a la clasificación supervisada con imágenes ópticas, las cuales en general no se pueden utilizar durante un evento extremo debido a la presencia de nubes. Además el algoritmo fue testeado sobre un área de estudio amplia (1180,82 km<sup>2</sup>) durante un evento climático extremo y comparado con otros disponibles en la literatura. Se destaca que la identificación de superficies con vegetación inundada es un problema abierto para la comunidad científica y este estudio intenta contribuir en este sentido.

Fue posible diferenciar algunos lotes inundados con cobertura de cultivos, en los cuales estos cubrían el agua. Particularmente, en los lotes con maíz se verificó la presencia del mecanismo de dispersión de doble rebote entre el agua y los tallos de las plantas. Sin embargo, este mecanismo de interacción no pudo ser comprobado en otros cultivos presentes en el área de estudio, tales como: soja, girasol y sorgo.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional del Litoral - UNL por el financiamiento y apoyo recibido para la ejecución del presente proyecto de investigación CAI+D 2020 denominado: "Aplicación de polarimetría SAR y su sinergia con datos ópticos para mapear cultivos y la humedad del suelo en áreas de llanura" (Código: 50520190100069LI).

## Referencias

Caracci C. y Faure D. 2017. El Departamento y la inundación, <https://inta.gov.ar/documentos/el-departamento-castellanos-y-la-inundacion>.

Mason D., Horritt M., Dall'Amico J., Scott T. and Bates P. 2007. Improving river flood extent delineation from synthetic aperture radar using airborne laser altimetry, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45(12), pp. 3932-3943.

Pierdicca N., Pulvirenti L., Chini M., Boni G., Squicciarino G. and Candela L. 2014. Flood Mapping by SAR: Possible approaches to mitigate errors due to ambiguous radar signatures.

Podest E. 2017. Conceptos Básicos del Radar de Apertura Sintética (Synthetic Aperture Radar o SAR), NASA's Applied Remote Sensing Training Program, p.p. 56.

Richards J., Woodgate P. and Skidmore A. 1987. An explanation of enhanced radar backscattering from flooded forests, *International Journal of Remote Sensing*, 8(7), pp. 1093-1100.

Salvia M. 2010. Aporte de la teledetección al estudio del funcionamiento del Macrosistema Delta del Paraná: análisis de series de tiempo y eventos extremos (Tesis doctoral). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires.

Shen X., Wang D., Mao K., Anagnostou E. and Hong Y. 2019. Inundation Extent Mapping by Synthetic Aperture Radar: A Review, *Remote Sensing*, 11, 879.

## Red Altimétrica como instrumento de formación y evaluación

C. E. Justo <sup>1,2\*</sup>, M. V. Calandra <sup>2</sup> y F. Rodríguez <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata*

<sup>2</sup> *UIDET GAMEFI, Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.*

\* [claudio.justo@ing.unlp.edu.ar](mailto:claudio.justo@ing.unlp.edu.ar)

### Resumen

La realización de tareas altimétricas con la necesaria vinculación al nivel del mar en la zona del Gran La Plata se tornó difícil a principios de este siglo. Esto ocurría generalmente por la falta de información oficial actualizada. A raíz de esa situación en el año 2010 desde la cátedra de Cálculo de Compensación y gracias a la motivación de tres estudiantes se realizó un Trabajo Final de Carrera titulado "Control de Calidad de una Red Altimétrica Existente". En él se estudiaron con técnicas estadísticas las diferencias entre los valores oficiales de cotas con los de un relevamiento realizado en esa oportunidad. Se aprovechó para su desarrollo un sector de la red altimétrica existente en parte del casco urbano de La Plata. Esta etapa abarcó unas 500 has. Con posterioridad, en el año 2018 y con la posibilidad de contar con un becario, se realizó un trabajo similar con ménsulas existentes en el campus de la Facultad de Ingeniería. Finalmente, en el año 2022 con la participación de otros becarios se realizó una vinculación entre ambas redes. Todos los trabajos se realizaron mediante nivelación geométrica y con equipos digitales de la misma marca. A fines del mismo año se realizó el ajuste de todas las observaciones en una sola red. El resultado fue satisfactorio cuando se comparó la varianza kilométrica de la red con la respectiva varianza del fabricante mediante el estadístico Chi Cuadrado. Superado el ajuste estadístico, se decidió su publicación, poniendo la red a disposición de quienes pudieran emplearla para el uso académico e incluso para los profesionales que tuviesen interés en realizar sus propios estudios. Un resultado, no buscado, pero muy significativo fue el haber evaluado longitudinalmente el desempeño de nuestros estudiantes en la realización de este tipo de tareas topográficas durante un período que abarcó poco más de una década (2010-2022). Esta afirmación se debe a que las observaciones fueron realizadas en su totalidad por estudiantes de la carrera. Se encontró provechoso y conveniente continuar la realización de esta tarea, cuyos resultados, pueden integrarse a lo largo del tiempo en estudios longitudinales. Esta iniciativa mejoró la calidad y disponibilidad de la información altimétrica en la región, y brindó una valiosa experiencia práctica a los estudiantes, estableciendo una herramienta útil para futuras investigaciones académicas y profesionales. Actualmente se está trabajando en su ampliación.

**Palabras Clave:** Redes Altimétricas; Evaluación longitudinal; Becarios.



## Introducción

Esta publicación se propone mostrar las implicancias académicas de un trabajo de altimetría en forma de red llevado a cabo por la cátedra de Cálculo de Compensación de la Facultad de Ingeniería de la UNLP. Los relevamientos comenzaron el año 2010 y tuvieron como objetivo evaluar la calidad de una red altimétrica existente constituida por ménsulas del IGN y del MOSP de la Provincia de Buenos Aires. Esta inquietud se originó por problemas reiterados a la hora de contar con referencias absolutas a la hora de realizar trabajos profesionales por parte de los agrimensores. Posteriormente en el año 2018 con la participación de un becario y alumnos voluntarios se realizó un relevamiento similar en el campus de la Facultad de Ingeniería (FI) donde existen ménsulas establecidas por la Provincia de Buenos Aires, pero carentes de información trazable. Finalmente, entre los años 2022 y 2023 se realizó una vinculación de ambas redes, su ajuste conjunto y su publicación en la página de la Facultad para ponerla a disposición de la comunidad.

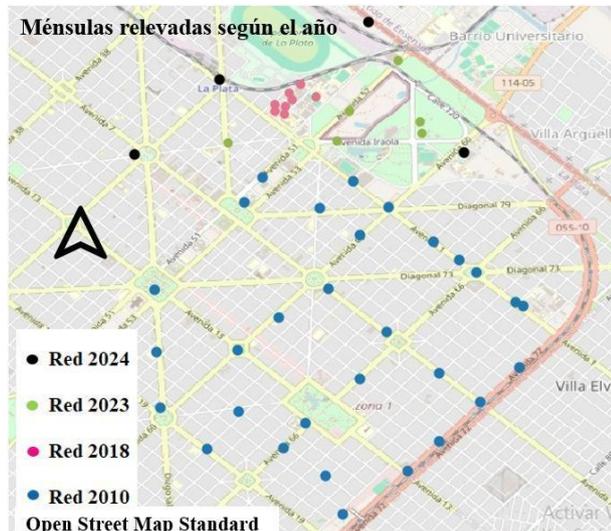
## Materiales y métodos

Las marcas físicas de la red se encontraban materializadas desde distintas épocas por distintas instituciones públicas. Sin embargo, no podía encontrarse información técnica sobre las campañas, o especificaciones bajo las cuales fueron establecidas. El método de medición empleado para este trabajo fue el de nivelación geométrica por alturas con mediciones simples (Wolf), es decir, sin ida y vuelta. El instrumental consistió en dos equipos digitales de la marca Sokkia. El primero, facilitado por el Agrim. Mario Mémolli y el segundo perteneciente al Departamento de Agrimensura (FI). Las mediciones se hicieron en tres campañas (Figura 1) y fueron realizadas siempre por estudiantes. Luego de las campañas se realizó su ajuste por Mínimos Cuadrados Ponderados (MCP) en forma mínimamente condicionada (Justo). El datum fue ubicado en el punto Nodal 101 de Alta Precisión ubicado en la Pza. Moreno de La Plata. Se empleó el software libre Octave, aunque la organización de las mediciones se realizó en la hoja de cálculo de Google Docs. En cuanto a la participación de los estudiantes se contó tanto con voluntarios como con becarios. Hasta el día de hoy son 17 haciéndolo, tres de ellos, como becarios y los demás de forma voluntaria.

## Resultados y discusión

Se obtuvieron resultados de diferente índole. El primero fue dar respuesta a una inquietud de carácter netamente técnico y profesional, que era la falta de disponibilidad de un marco altimétrico consistente y con descriptores de calidad. Esto se logró, al menos en un sector del Partido de La Plata, luego de realizado el Trabajo Final de Carrera. Con posterioridad y durante un período de algo más de un lustro fue muy difícil conseguir estudiantes para continuar con la tarea. Recién en el año 2018 con la incorporación de un becario para apoyo a la investigación y la colaboración de tres estudiantes se pudo realizar un trabajo similar en las ménsulas ubicadas en el campus de la Facultad de Ingeniería (Figura 1). Además de las becas, la actualización del plan de estudio permitió a los estudiantes acreditar avances en su carrera mediante la participación en

diversas actividades. En 2018 se incorporó la Actividad de Formación Complementaria, lo que propició esta circunstancia. Después de la pandemia, con la implementación de las becas Belgrano (desde 2022 hasta la actualidad), se permitió la incorporación de más estudiantes. La relativa continuidad de los últimos años, junto con la difusión de la Facultad de Ingeniería a través de las redes sociales, ha generado un creciente interés en la participación por parte del estudiantado. Contar con un marco de referencia altimétrico brinda a los demás docentes de la carrera un apoyo valioso para las tareas de cátedra. Esta red, además, contribuye al Departamento de Ciencias Básicas (Justo y Costa), donde esta cátedra participa en dos UIDET (Unidades de Investigación, Desarrollo y Transferencia), GAMEFI e IMApEC, realizando trabajos de articulación e investigación que hacen uso de la red altimétrica (Justo y Calandra). Finalmente, tras realizar los primeros ajustes, surgió como resultado no planificado la posibilidad de evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la ejecución de la nivelación geométrica topográfica durante ese período. Y, por supuesto, la posibilidad de continuar haciéndolo en el futuro. Los resultados de los relevamientos y de los ajustes pueden encontrarse en la hoja de cálculo cuyo link se encuentran disponibles en la página de la cátedra. De la Tabla 1 se obtienen los desniveles medidos y ajustados. Al disponer de las mediciones originales el interesado puede practicar otra estrategia de cálculo



**Figura 1.** Sector de la zona de La Plata que abarca la red en la actualidad. Sectores por campañas: 1ra Etapa: año 2010. 2da Etapa: año 2018; 3ra Etapa: año 2022/23. 4ta. Etapa: año 2024 en avance.

**Tabla 1.** Tramos medidos con sus valores de campo, ajustados, y residuos.

TRAMO	DH MEDIDO (m)	DH AJUSTADO (m)	DESV EST. DH (m)	RESIDUO BRUTO (m)	DESV EST. RES (m)	RESIDUO ESTUD.
NODAL 101 - G 102	-1,0450	-1,0448	0,0015	0,0002	0,0005	0,45058
G 102 - G 114	-1,2000	-1,1997	0,0016	0,0003	0,0006	0,45058

En la Tabla 2 están los resultados del ajuste.

**Tabla 2.** Cotas establecidas con su respectiva desviación estándar.

MENSULA	Cota (H(m))	Desv Est. Cota (m)	Ubicación
G102	15,781	0,001	16 e/ 56 y 57
G114	14,581	0,002	Diag.74 y Pza. Yrigoyen



## Conclusiones

El trabajo que se está llevando a cabo materializa un marco altimétrico consistente en un sector del Partido de La Plata. Fortalece además la integración entre la docencia y la investigación aplicada en la Facultad de Ingeniería (Justo y Romano). La participación de estudiantes, tanto becarios como voluntarios, es fundamental para el sostenimiento del proyecto. Por eso es importante desde lo institucional que se sostengan y/o incrementen los programas de promoción de becarios. Por lo expuesto las tareas realizadas convierten actividades de cátedra en recursos académicos y profesionales. Sumado a ello se ven evaluados longitudinal o temporalmente los procesos de enseñanza aprendizaje que se requirieron para su realización.

## Agradecimientos

Un agradecimiento especial a los estudiantes: Ing.Agrim. Santiago Louge, Agrim. Ing.Agrim. Ignacio Astorga, Ing.Agrim. Maximiliano Lucangioli, Ing. Agrim. Franco Rodríguez, Ing.Agrim. Franco Loria, Ing. Agrim. Renzo Guionet, Ing. Agrim. Facundo Dubini, y a quienes hoy estudian la carrera: Daniela Luengo, Franco Fuggini, Lucio Jaime, Nicolás Zarza, Martín Rodríguez, Esteban Godoy, Camila Schefino, Nahir Vivas y Pedro Lacanete. Y desde ya a los organizadores de este evento.

## Referencias

Justo, C.E. y Calandra M.V. 2021. Evaluation of robust linear regression methods for the measurement of a topographic altimetric network. *Journal of Scientific and Engineering Research* 8(4), pp.30-39. ISSN: 2394-2630.

Justo, C.E y Calandra, M.V. 2024. Evaluación de técnicas estadísticas para la actualización de redes altimétricas topográficas. *Actas del 7º Congreso Argentino de Ingeniería y 13º Congreso Argentino de Enseñanza de Ingeniería (CADI-CAEDI 2024)*, San Juan, Argentina.

Justo C.E. y Costa V.A. 2023. Resolución de problemas altimétricos mediante articulación entre cátedras en distintas áreas. Editorial Artemis. DOI: 10.37572/EdArt\_2402237438. <https://www.editoraartemis.com.br/artigo/33179/>

Justo C.E. y Romano R.J. 2023. Aplicación del modelo de elevaciones Geoide-Ar a desniveles geodésicos y su comparación con desniveles geométricos. *Actas de las 7º Jornadas ITEE 2023*, Facultad de Ingeniería, UNLP. ISBN: 978-950-34-2256-4.

Justo C.E. <https://www1.ing.unlp.edu.ar/catedras/G0408/Repositoriodeenlaces>

Wolf, P. and Ghilani, C.D. 2018. *Topografía*, Alfaomega. Grupo Editor, pp.972.

## Actividad de formación complementaria en la carrera de Ingeniería en Agrimensura

P. Paús <sup>1\*</sup>, R. J. Romano <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería, Grupo de Trabajo en Metrología.

\* pablo.paus@ing.unlp.edu.ar

### Resumen

Este trabajo trata de la implementación de una actividad curricular electiva para los alumnos de la carrera de Ingeniería en Agrimensura de la UNLP. Estas actividades introducen un grado de flexibilidad en el plan de estudios, permitiendo a los estudiantes reforzar competencias según el perfil de la carrera, la región o sus intereses y se incorporan en su currícula académica.

Esta actividad en particular tiene como finalidad introducir a los alumnos en la aplicación de los criterios de la metrología dimensional en mediciones topográficas. Además, brinda la posibilidad de participar en actividades desarrolladas por un grupo de investigación y transferencia de la facultad, enriqueciendo así su formación con diferentes puntos de vista y perspectivas.

Para el desarrollo de esta actividad se utiliza la línea base del Departamento de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería. Se aplican procedimientos de medición que permiten controlar la repetibilidad y la constante aditiva o constante del prisma en la medida de distancias con Estación Total. A su vez estas medidas contribuyen a la serie histórica de medidas de la base.

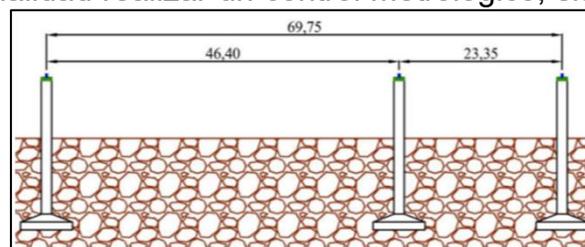
**Palabras clave:** Enseñanza; Metrología; Línea base; Instrumental MED

### Introducción

Los alumnos de las carreras de Ingeniería de la UNLP deben realizar una serie de Actividades de Formación Complementaria (AFC) incluidas en los planes de estudio (FI, ord. 42/22). Entre las actividades disponibles se encuentran la participación en proyectos de investigación, trabajos de vinculación tecnológica, seminarios, talleres y conferencias. Desde el Grupo de Trabajo en Metrología se propuso la AFC: “**Control metrológico de línea base**” para alumnos avanzados de la carrera de Ingeniería en Agrimensura.

### Materiales y métodos

Esta AFC en particular tiene como finalidad realizar un control metrológico, sistemático y multitemporal de los desplazamientos observados en uno de los pilares de la línea base del Dpto. de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería (figura 1). La línea base fue construida durante el período 2018/19 y permite controlar la repetibilidad y la constante aditiva en la medida electrónica de distancia con



**Figura 1:** Esquema de la base de calibración corta con sus distancias de referencia.

Estaciones Totales tanto del Departamento como de profesionales externos.

Los alumnos que participen de esta actividad tendrán la tarea de relevar los datos necesarios para determinar la constante aditiva del prisma, así como el grado de desplazamiento experimentado por el pilar comparando los valores obtenidos con la serie histórica de distancias. Considerando la participación de distintos grupos de alumnos a lo largo del año se podrá monitorear esta situación de manera significativa.

### Desarrollo Pedagógico.

La actividad se desarrolla en 12 horas presenciales distribuidas en cuatro encuentros semanales. Además, de la dedicación no presencial requerida para el estudio de la problemática, procesamiento de las mediciones, obtención de resultados y elaboración del informe correspondiente. Las mediciones y elaboración de informes se realizan en grupos reducidos de dos o tres alumnos.

Durante los encuentros presenciales, se expone la problemática y la metodología de trabajo, se reconoce el instrumental a utilizar, se realizan las mediciones de las distancias sobre la línea base y se discuten y analizan los resultados. Finalmente, se elaboran las conclusiones y los alumnos realizan una exposición del informe presentado.

Desde una perspectiva didáctica, esta actividad requiere el compromiso y la participación activa de los estudiantes. Los docentes establecen las pautas generales, proporcionan la información necesaria y supervisan el proceso. Son los alumnos quienes llevan a cabo las mediciones, analizan los resultados y elaboran conclusiones.

### Procedimientos de campo

Para garantizar que las mediciones alcancen el grado de precisión necesario en estos procedimientos, se lleva a cabo el montaje del instrumento y del prisma reflector utilizando sistemas de centrado forzado. Esto permite minimizar los errores de centrado.

Se establecen valores específicos de medición de acuerdo con el procedimiento a desarrollar. El modo de medición del instrumento se establece en "fino con promedio de tres". También se fija en cero el valor de la constante del prisma, así como la magnitud de la corrección por condiciones atmosféricas en partes por millón (ppm).



Figura 2: Sistema de centrado forzado.

Durante la campaña de medición, cada una de las seis distancias posibles entre los tres pilares es medida y registrada seis veces, alternando en cada ocasión, entre círculo izquierdo y derecho. Además de las 36 mediciones de distancias, deben ser registradas las condiciones atmosféricas y cualquier particularidad relevante que acontezca.

Todas las mediciones y datos adicionales se registran en un modelo de planilla especialmente confeccionado para este procedimiento. Esta forma de trabajo brinda guía en la secuencia de medición y a su vez garantiza que no se omita ningún paso. El modelo de planilla adoptado se muestra en la figura 3. A diferencia de el registro de datos en la memoria interna de la estación total, el registro en "papel" posibilita el control continuo de las observaciones y el análisis de la variabilidad en las mediciones repetidas.

 Grupo de Trabajo en Metrología Gabinete de Instrumental Topogeodésico Prof. Ing. "Gabriel Jesús Gómez"				DISTANCIÓMETRO		FR-002 Versión 1 Pág. 1/1
Control de estado		Batería		NI:	Topcon Auto	
ESTACIÓN		PILAR 1		Fecha:	02/03/2023	
Nº DE PUNTO	PUNTO VISADO	DISTANCIA MEDIDA	REGISTRO DE MEDIDAS (m)		TCC (ppm)	PdPa (HR (%))
			CI	CD	Inicio:	Cte. Prisma:
1	2	1.2	46,3919	46,3919	20,4	1008,4
2	2	1.2	46,3919	46,3919	0	60
3	2	1.2	46,3919	46,3919		
4	3	1.3	69,7406	69,7406		
5	3	1.3	69,7406	69,7406		
6	3	1.3	69,7406	69,7406		
CONDICIONES DE MEDICIÓN						
Hora:		INICIO	FIN	Nº DE SERIE		Modo de Medición
		9:50	10:17			
TCC (ppm):		31,6		Tipo de reflector		
PdPa (HR (%)):		1008,4				
HR (%):		56%				
CLIMA		Despejado sin viento				
OPERADORES						

Figura 3: Planilla de campo. Registro de las distancias observadas y otros datos complementarios.

### Resultados y discusión

Una vez finalizadas las tareas de campo, los alumnos cuentan con todas las mediciones necesarias para avanzar a la etapa de cálculos. El primer paso de esta instancia consiste en transferir todos los datos a formato digital, para lo que se utilizan planillas de cálculo. En estos archivos, se realizan los cálculos necesarios para obtener los resultados deseados, incluyendo el cálculo de promedios, residuos, errores de offset y, finalmente, las distancias corregidas.



Figura 4: Ploteo de residuos correspondientes a las 36 distancias observadas. En el caso ilustrado el máximo desvío corresponde a 1.7 mm.

En esta etapa, se llevan a cabo controles sobre los residuos de las observaciones. Se verifica que los datos muestren un comportamiento que se ajuste a una distribución normal, observando la simetría entre residuos positivos y negativos, detectando valores atípicos, así como la identificación de posibles sesgos en las mediciones.

Tabla 1: Resultados de la aplicación del procedimiento.

Promedios		E. OffSet parcial	Distancias observadas		Error del OffSet (m)	Distancias corregidas (m)
Design	Medida (m)		Design.	Medida (m)		
1.2	46.3613	0.0322	1.2	46.3611	0.0326	46.394
1.3	69.7118		1.3	69.7119		
2.3	23.3184		2.3	23.3182		
2.1	46.3610	0.0330	1.3	69.7120	0.0326	69.744
3.1	69.7120		2.3	23.3182		
3.2	23.3181					

En la Tabla 1 se muestran los resultados de una de las aplicaciones del procedimiento desarrollado. La medición de distancias en modo fino permite registrar distancias con cuatro decimales. No obstante, los resultados finales se expresan al milímetro dado que el equipo empleado tiene una precisión de ±

2mm + 2 ppm.D. Para el caso mostrado en la Tabla 1, las distancias resultantes son: 1.2: 46,394 m; 1.3: 69.745 m; 2.3: 23,350 m.

Finalmente, con los resultados obtenidos y analizados, los estudiantes elaboran un informe que detalla todo el proceso realizado. En este informe, explican el procedimiento aplicado, analizan los resultados alcanzados y presentan las conclusiones, tanto personales como grupales.

Durante el último encuentro de la actividad, los alumnos hacen una defensa de su informe, discutiendo y analizando los resultados. Este proceso les permite desarrollar habilidades de comunicación escrita a través de la redacción de un informe técnico y de expresión oral al explicar la actividad realizada.

La actividad concluye con una retroalimentación por parte de los docentes a cargo de la actividad, quienes destacan los aspectos más sobresalientes del trabajo y señalan áreas en las que se podrían mejorar los resultados.

Como producto de esta AFC, los alumnos incorporan más horas de práctica con instrumental y se pone el foco en aspectos metrológicos de la medición de distancia, como es la estimación y posterior desafectación del error de offset del conjunto instrumento-prisma. De esta manera, se toma conciencia práctica de la existencia de errores instrumentales y cómo debe ser su tratamiento.

### Conclusiones

Se logró introducir a los alumnos en la aplicación de criterios de metrología dimensional en mediciones topográficas, en el reconocimiento y tratamiento de errores instrumentales y en la implementación de procedimientos normalizados.

Los alumnos que aplican a esta actividad están avanzados en la carrera y la práctica se realiza en grupos reducidos. Esto posibilita un mayor grado de autonomía y manejo más personalizado del instrumental. Este aspecto ha sido muy valorado en las devoluciones de los estudiantes, evidenciando un crecimiento en su capacidad de trabajo independiente.

Se ha enriquecido la formación como Ingenieros Agrimensores de los estudiantes a través de la participación en actividades desarrolladas por un grupo de investigación y transferencia de esta facultad, aportando diferentes puntos de vista y perspectivas al aprendizaje.

Finalmente, los estudiantes han puesto a prueba sus habilidades de expresión oral y escrita, lo que ha contribuido a aumentar su experiencia en estas áreas fundamentales para su desarrollo profesional.

### Referencias

ISO 17123-4. 2012. Optics and optical instruments. Field procedures for testing geodetic and surveying instruments. Part 4: Electro-optical distance meters (EDM measurements to reflectors). Second edition.

Paús, P., Romano, J., Paredi, J.; Bergamini, J. y Aldasoro, R. 2019. Construcción de una base corta de calibración en el departamento de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la UNLP. 5tas Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería. 134 a 139. ISBN 978-950-34-1749-2. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/75011x>

Ordenanza 42. 2022. – Facultad de Ingeniería – UNLP.



## Microgeodesia

A.O. Mangiaterra<sup>1\*</sup>, P.J. Calvo<sup>1</sup>, G. Noguera<sup>2</sup>, L.L. Cornaglia<sup>2</sup>, A. Del Bianco.

<sup>1</sup>Colegio de Profesionales de la Agrimensura de la Provincia de Santa Fe - Distrito Sur.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario.

\* [aldomangiaterra@gmail.com](mailto:aldomangiaterra@gmail.com)

### Resumen

Está fuera de discusión que vivimos un tiempo de acelerado desarrollo del conocimiento. Naturalmente entre los objetivos del conocimiento ocupa un lugar destacado el espacio en el que estamos inmersos. Y una de las maneras de conocer el espacio, no la menos importante, es conocer sus medidas. La Geodesia se ocupa de la forma y dimensiones de nuestro Planeta y de su posición y orientación en el espacio y para ello es necesario medir diversas magnitudes. En esta presentación nos vamos a referir a una parte de la Geodesia, la que se ha dado en llamar *Microgeodesia*. Es la parte de la Geodesia que generalmente se la refiere como la determinación de medidas espaciales con alta precisión en entornos relativamente limitados. Los casos en que surge esta necesidad son en general conocidos; a solo título ilustrativo podemos mencionar:

- La construcción y/o auscultación de obras de ingeniería.
- El montaje y mantenimiento de industrias.
- La materialización de redes de apoyo para distintos fines.
- La investigación científica.

En la medida que avanza el conocimiento surgen nuevas técnicas e instrumental y se mejoran precisiones y ello reacciona también obligando a revisar conceptos buscando apelar a definiciones más adecuadas y precisas. ¿Es esto necesario en el caso de la *Microgeodesia*?

**Palabras Clave:** microgeodesia, medida, precisión.

### Introducción

Vemos algunas de las ideas que existen al respecto, tanto en el campo científico como en el profesional.

- Microgeodesia: “Control geodésico de alta precisión en áreas de extensión limitada”. *Manual de normas y especificaciones para levantamientos geodésicos de alta precisión en áreas pequeñas* - IPGH (Instituto Panamericano de Geografía e Historia) –Río de Janeiro - año 1986”.

- “La microgeodesia es una rama especializada de la geodesia, que se ocupa de realizar mediciones extremadamente precisas de pequeñas deformaciones y movimientos en la superficie de la Tierra” – ChatGPT.

(<https://chatgpt.com/c/6709b869-a6b8-8000-a162-e1b77dda9aed>)

- Microgeodesia: “medida de deformaciones en estructuras de obra civil o pequeñas extensiones de terreno mediante técnicas geodésicas de alta



precisión”- Instituto Geográfico Nacional de España.

<https://www.ign.es/web/gds-teoria-geodesia>

- “Desarrollo completo y riguroso de la teoría y la práctica de las redes de precisión topográficas y locales, conocidas también con el nombre genérico de *microgeodesia*” - Redes Topográficas y Locales - Microgeodesia - Tratado de topografía 3 (Chueca Pazos y otros)

- “La *microgeodesia* consiste en procedimientos de observación y o cálculo para la resolución de problemas geodésicos con precisión en extensiones reducidas” – Intersección espacial en *microgeodesia* - Ing. Lara Trento.  
<https://es.scribd.com/document/412202855/Gggg>

- Para el logro de los resultados esperados, la topografía emplea todas las herramientas que aporta la Geodesia, pero adaptada a espacios reducidos, es por ello que, a esta rama de la Geometría Práctica, se la conoce con el nombre de *Microgeodesia*” – Empresa INGHER.

<https://www.ingher.net/topografia-de-obras-y-control-de-montaje-metal-mecanico-serivicio-integral-de-topografia-en-obra.html>

- “La auscultación de presas por métodos geodésicos lleva ya una larga tradición tanto internacional como doméstica...el término “*microgeodesia*” es el más adecuado para abarcar estas actividades, tal como ha sido utilizado en diversos trabajos nacionales e internacionales” - Dr. Ing. Ezequiel Pallejá  
<http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otraqr/index/assoc/HASHd2.ca.dir/doc.pdf>

### Desarrollo

Como vemos hay variadas acepciones del término *microgeodesia*, felizmente no son contradictorias.

Por otra parte, en el ambiente profesional suele utilizarse una expresión que, a nuestro juicio, es errónea; es la que iguala *microgeodesia* con *topografía de precisión*.

A la luz de la tecnología actual sería bueno intentar una definición de *microgeodesia* más precisa y abarcativa. Esta presentación pretende promover el intercambio de ideas que aporte en ese sentido.

Una diferencia muy importante de la *microgeodesia* con la topografía es que ésta, si bien abarca extensiones limitadas, adopta como superficies de referencia planos normales a las verticales de la zona de trabajo.

Pero en *microgeodesia*, como parte de la Geodesia y para satisfacer las precisiones en juego, deben cumplirse, a nuestro parecer, condiciones que indicaremos en la conclusión de este trabajo.

Sin ánimo de establecer límites rigurosos, podemos decir que el espacio que abarca la *microgeodesia* se puede extender a algunos kilómetros.

De todos modos, cualquier magnitud que se explicita como límite de la *microgeodesia* es siempre un valor arbitrario.

Como antecedente podemos mencionar el ya citado Manual de Microgeodesia, el que coloca ese límite en el orden de los 10 km.

En el orden de precisión, las propias de la *microgeodesia* son inferiores al centímetro, pudiendo llegar hasta la décima de milímetro.

Excepcionalmente, en nivelación, se puede pretender algo mejor, es decir

mejores que la décima de milímetro.

En cambio, cuando hablamos de topografía, generalmente estamos considerando una precisión no mejor que el centímetro, necesaria, por ejemplo, en el relevamiento de obras civiles o el replanteo de conductos de líquidos.

En tales casos la medida de una distancia, ya sea que se la considere reducida al plano o a una paralela al elipsoide, difiere en menos de un centímetro cuando se está dentro del entorno de los 10 u 11 kilómetros; hasta allí llega el espacio típico de la topografía.

En cambio, en el supuesto de pretender que las medidas de las distancias horizontales no difieran más de 0,1 milímetro, consideradas sobre el plano o sobre el elipsoide, no se debe abarcar una extensión mayor a los 2,5 kilómetros.

Cálculo aproximado de la diferencia ( $\delta$ ) entre la distancia en el plano ( $X$ ) y la distancia considerada sobre el elipsoide ( $d$ ), donde  $R$  es el radio terrestre medio.

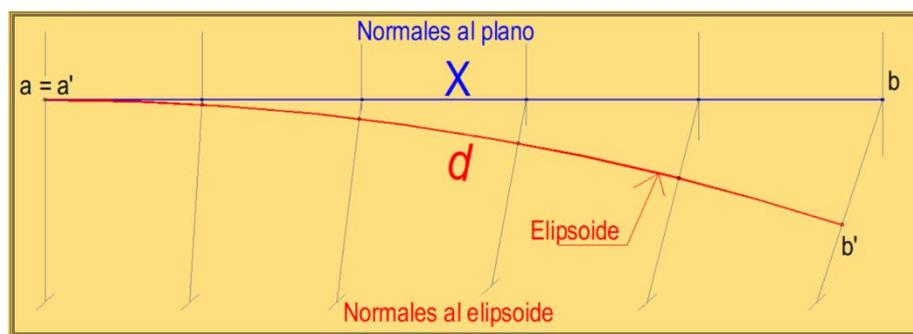


Figura 1. Diferencia entre la distancia en el plano y la distancia considerada sobre el elipsoide.

$$\delta = X - d = X - \arctg (X / R) * R$$

Tabla 1. Distancias y errores

X	$\delta$
11000 m	1 cm
5000 m	1 mm
2500 m	0,1 mm

En cuanto a la diferencia de alturas el error que se produce por considerar como superficie de referencia un plano pasa a superar el centímetro si se abarca una extensión mayor a 350 metros.

Ello no constituye un problema si la nivelación topográfica es geométrica, porque van cambiando los planos de referencia a medida que cambian las verticales.

Pero otra es la cuestión si, por ejemplo, se pretende nivelar al centímetro y se realizan observaciones con estación total a distancias superiores a los 350 metros o bien si se utiliza tecnología satelital, pero ello sería objeto de análisis ajeno al propósito de la presente.

La diferencia de nivel entre dos puntos, calculada de dos maneras distintas, una de ellas considerando como superficie de referencia el plano y la otra considerando como superficie de referencia el elipsoide (o una paralela al

mismo), discrepan entre ambas en más de 0,1 milímetro si la distancia horizontal es más de 35 metros o en más de 1 milímetro si es más de 110 metros.

Cálculo aproximado de distancia máxima (X) para garantizar un error máximo en nivelación ( $\epsilon$ ), donde R es el radio terrestre medio.

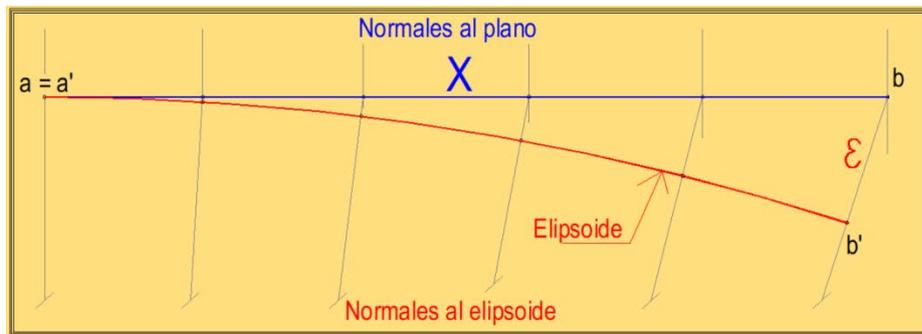


Figura 2. Distancia máxima para garantizar un error máximo en nivelación.

$$X^2 = (R + \epsilon)^2 - R^2$$

Tabla 2. Distancias y errores

X	$\epsilon$
350 m	1 cm
110 m	1 mm
35 m	0,1 mm

## Conclusiones

Opinamos que para hablar de *microgeodesia* no basta con la consabida “determinación de medidas espaciales con alta precisión en entornos relativamente limitados”, y por tanto proponemos la siguiente expresión:

*Microgeodesia* es la parte de la Geodesia que se refiere a la determinación de medidas espaciales con alta precisión en entornos relativamente limitados cumpliendo las siguientes condiciones:

- considerar el elipsoide como superficie de referencia.
- las medidas observadas deben ser sobreabundantes.
- los resultados deben ser producto del cálculo de ajuste, incluyendo la estimación de precisión de los mismos.

Es cierto que, en muchos casos, según la extensión y precisión, a los efectos prácticos da lo mismo considerar como superficie de referencia el elipsoide o un plano, pero ello no debe llevarnos a confundir topografía de precisión con microgeodesia. Naturalmente que, parte, sino todos, estos conceptos podrán ir modificándose en atención sobre todo a dos variables: necesidades y avances tecnológicos. Estamos hablando de las necesidades, los conocimientos y el instrumental de principios del siglo XXI y en nuestro planeta. Otra sería la cuestión pensando, por ejemplo, en el 2050 en la Luna o Marte.

Algunas consideraciones sobre métodos e instrumental: podemos decir que, en la generalidad de los casos, existen varias opciones para resolver un mismo problema; la cuestión es obtener la precisión requerida mediante una acertada



combinación de método e instrumental, con economía de tiempo y esfuerzo. Por ejemplo, el método de intersección de visuales, ya sea tridimensionales o, en otros casos, horizontales, puede ser la mejor opción.

Al respecto citamos el artículo “Microgeodesia, método de intersección en la determinación de los ejes del láser utilizado en AGGO (Observatorio Geodésico Argentino Alemán)”, publicado en la revista científica de la universidad MAZA (<https://revistas.umaza.edu.ar/icu/article/view/429>)

En cuanto a instrumental es una constante la variedad y el mejoramiento de los mismos. A modo de ejemplo podemos citar el Láser-Tracker, originalmente diseñado a los fines de la metrología mecánica, que, sin embargo, puede ser utilizado en microgeodesia.

### Referencias

Chueca Pazos, M.; Herráez Boquera, J.; Berné Valero, J.L. (1996). “Tratado de topografía: redes topográficas y locales. Microgeodesia”. Editorial Paraninfo, Madrid.

Instituto Panamericano de Geografía e Historia (1987). “Manual de Normas y Especificaciones para Levantamientos Geodésicos de Alta Precisión en Áreas Pequeñas”

Mangiaterra, A. y Calvo, P. (2023). “Microgeodesia, método de intersección en la determinación de los ejes del láser utilizado en AGGO (Observatorio Geodésico Argentino Alemán)”. Revista ICU. Investigación, Ciencia y Universidad (ICU). 1er. Número Especial: Agrimensura. Vol. 7 - Núm. 9.

Citas extraídas de Internet.

## La informalidad urbana en el Catastro municipal. El caso de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires.

C. Bergallo<sup>1\*</sup>, M. Schenone<sup>1</sup>, A. de Aduriz<sup>1</sup>, P. Pessolano<sup>1</sup>, S. Lemarchand<sup>1</sup>, M. Primi-  
cia<sup>1</sup>, S. Wayman<sup>1</sup> y J. Lodovichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Sur, Departamento de Ingeniería.

\* [ceciliabergallo@gmail.com](mailto:ceciliabergallo@gmail.com)

### Resumen

Considerando el rol fundamental del Catastro como registro de todo lo que acontece en el territorio, este trabajo tiene como objetivo el análisis del marco normativo municipal que regula la incorporación de ciertos asentamientos informales.

Se trata de aquellos que fueron comercializados cuando aún les faltaba alguna de las condiciones que indica la legislación vigente, o a partir de un croquis de dudosa procedencia, denominados por *Clichevsky*, loteos “irregulares o piratas”, respectivamente.

Esta falta de registración catastral tiene graves consecuencias de diferente orden para la ciudad y sus habitantes. Se podría mencionar, por ejemplo, la imposibilidad que tienen los habitantes de dichos sectores para integrarse a la ciudad y recibir los servicios que el municipio podría brindar, la inequidad tributaria que se genera con relación al resto de los vecinos. También generan problemas para el Estado, en su función de ordenador del espacio y planificador de las actividades que allí se realizan.

En el presente estudio se ha analizado el marco normativo que regula el tema en el orden municipal y los cambios implementados en los últimos años, a la luz de la relevancia que han adquirido las diferentes relaciones de hecho que coexisten en la ciudad. Asimismo, se ha estudiado la contribución de dichas normas en la incorporación al Catastro de los asentamientos informales y los irregulares y/o denominados “piratas”, motivo de este estudio.

En principio, se revisaron los conceptos de informalidad y su relación con el Catastro; posteriormente se realizó un análisis de las normas de orden municipal que regulan el tema. También se ubicaron dichos sectores en el territorio determinando el estado de ocupación y confeccionando la cartografía temática. En la etapa siguiente se analizó la dimensión de la problemática en el Catastro considerando en qué porcentaje se ha actualizado.

Los principales resultados advierten sobre inexactitudes y falencias en la redacción y aplicación de las normas, por lo que se sugieren propuestas para perfeccionar las reglas vigentes sobre la temática y su aplicación.

El mapeo de la información permitió analizar el impacto que estas situaciones generaron sobre el ordenamiento inmobiliario. Su localización permitió reflejar la realidad del territorio.

Se analizaron los efectos que produjo la incorporación al Catastro y la importancia de su registración y publicidad al discutir y suscitar ideas relativas al planeamiento de la ciudad.

**Palabras claves:** Catastro; Informalidad; Asentamientos; Normativa.



## Introducción

La falta de registración de los asentamientos informales tiene graves consecuencias de diferente orden para la ciudad y sus habitantes. Se trata de la imposibilidad que tienen de integrarse a la ciudad y recibir los servicios que el municipio podría brindar, tales como la provisión de los servicios públicos de transporte, de mantenimiento de calles, recolección de residuos, alumbrado, etc.

También generan problemas para el Estado, en su función de ordenador del espacio y planificador de las actividades que allí se realizan. Además, la desinformación territorial complejiza su tarea de recaudador, para poder cumplir con sus fines de manera equitativa y justa.

Con frecuencia, los catastros locales toman la decisión de incorporar de oficio estas situaciones informales, para cumplir con uno de sus objetivos más importantes como registrador de la realidad del territorio y administrador de la información territorial. Función que ha variado y evolucionado con el tiempo.

El estudio que aquí se plantea es el siguiente: por un lado, el análisis de las normas municipales en cuanto a su contenido respecto a quien se considera contribuyente responsable de las tasas que se apliquen referidas a un inmueble y su adecuación ante la necesidad de actualizar este aspecto del Catastro. Cabe aclarar que la vinculación tributaria de un inmueble, lo incorpora a la base de datos formal del Catastro, permitiendo de esta manera tener en cuenta el asentamiento en la elaboración de políticas públicas tendientes a resolver las diferentes problemáticas que se suscitan.

Por otro lado, analizar de qué manera ha incidido dicha normativa en la incorporación de los loteos irregulares y piratas al catastro de manera formal, es decir, si ha permitido la inclusión efectiva de los mismos, en términos tributarios, de prestación de servicios, etc.

## Materiales y métodos

En principio, se revisaron los conceptos de informalidad, se identificaron las características de los dos tipos de asentamientos estudiados, los irregulares y los clandestinos. En ambos se compararon condiciones que estaban vinculadas al planeamiento y catastro. Posteriormente se realizó un análisis de las normas de orden municipal que regulan el tema desde el año 2006 a la actualidad. Se ubicaron dichos sectores en el territorio determinando el estado de ocupación y confeccionando la cartografía temática. En la etapa siguiente se analizó la dimensión de la problemática en el Catastro considerando en que porcentaje se ha actualizado. Finalmente se elaboraron las conclusiones.

## Resultados y discusión

En el año 2006 la ordenanza fiscal en su art. 84 considera contribuyentes de las tasas por alumbrado, barrido y conservación de la vía pública a aquellas personas que tienen vínculos formales con el inmueble, entre los que se destacan, por la terminología usada, los poseedores a título de dueños, refiriéndose a aquellos adquirentes legítimos que cuentan con boleto de compraventa, tal como se infiere del decreto 363/2011. Cabe aclarar, que se considera una expresión poco acertada, ya que podría confundirse con un poseedor ilegítimo. Según el Código Civil y Comercial Argentino, el boleto es un contrato de compraventa, regulado en el mismo, por lo tanto, es un propietario legítimo



que no ha perfeccionado el trámite de transmisión de dominio.

En el 2011 el artículo no agrega otros contribuyentes, pero el decreto reglamentario (363/2011) hace una diferenciación entre los inmuebles edificados y los baldíos, ya que cuando el inmueble es edificado, el término “poseedor a título de dueño” adquiere otra dimensión, incorporando al poseedor ilegítimo, de buena o mala fe. En este caso se exigen numerosas pruebas de la posesión ejercida, además del boleto de compra-venta o la cesión de derechos y acciones, claramente detalladas en la norma.

La ordenanza del 2022 incorpora cambios más profundos, ya que crea la *unidad tributaria*, que es la parcela posesoria, que puede considerarse para el pago de la tasa por servicios públicos, lo que implica la incorporación de poseedores ilegítimos de buena y mala fe, sin distinción de que sea lo que poseen, es decir, pueden ser parcelas baldías o edificadas incluyendo la fracción de una parcela como objeto de tributación, en tanto este correctamente individualizada.

El decreto reglamentario no especifica que pruebas deben presentarse y además delega en el poseedor la responsabilidad de notificar al titular. Es decir, hay flexibilidad en las cuestiones relacionadas con la seguridad en el vínculo posesorio, siendo esto, a criterio de los autores, un cambio desfavorable con respecto a la anterior.

Como aspecto positivo resuelve la visibilización de la realidad del territorio permitiendo al catastro cumplir con este fin. Las parcelas son dadas de alta en la base de datos catastral, con identificación de oficio, con registración del contribuyente y todo lo que acarrea tal situación para habilitar trámites en el municipio, y, entre otros, en organismos prestatarios de servicios

## Conclusiones

Las normas municipales han tenido en cuenta la vinculación tributaria de diferentes relaciones entre la persona y el espacio que ocupa, siendo la del año 2022 la que marca un hito fundamental a partir del cual el Catastro incorpora el concepto de unidad tributaria, incluyendo en el mismo las relaciones informales de la persona con la cosa.

Como aspecto negativo se puede considerar que el objetivo de la ordenanza, claramente orientada a sanear ciertas ocupaciones masivas, se desvirtuó a partir de la flexibilización de los requisitos a cumplimentar y propició la especulación por parte de personas que se atribuían vínculos con inmuebles.

Por otro lado de los datos analizados se desprende que no han sido numerosas las tramitaciones y el porcentaje de vinculaciones no resultó representativo.

En atención al análisis realizado surge la propuesta de que la normativa en virtud de las falencias encontradas debería aplicar solo en aquellos casos que se identifican como ocupaciones masivas, denominados “piratas” pues son los que impactan sobre el ordenamiento de la ciudad.

Es un desafío para los agrimensores y en particular aquellos dedicados a llevar adelante los catastros poder complementar la información dominial de las parcelas con los datos que surgen de los fenómenos descriptos. Surgen situaciones que hace unos años no ocurrían, y provocan que se desarrolle la informalidad ante la necesidad de los habitantes de tener acceso a una vivienda



con escasos recursos económicos. Es una prioridad del Estado por un lado mostrar lo que ocurre en el territorio y por el otro adaptar la normativa para resolver y desalentar acciones que promueven la informalidad en la tenencia de la tierra.

## Referencias

- Código Civil y Comercial Argentino.  
Decreto Ley de Ordenamiento Territorial y Uso del Suelo N°8912/1977.  
Código de Planeamiento Urbano.  
Ordenanzas Fiscales del Municipio de Bahía Blanca desde 2006 a la actualidad  
Decreto reglamentario de la Ord fiscal N° 363/2011.  
Decreto reglamentario de la Ord N° 20514 N° 1089/2022.  
ONU Hábitat, 2016.  
Censo 2022. <https://portalgeoestadistico.indec.gob.ar/>  
Clichensky, N. (2000). Informalidad y segregación urbana en América Latina. Una aproximación. CEPAL - Serie medio ambiente y desarrollo, (28).  
Erba, D. y Piumetto, M. (2016) Nuevo informe sobre enfoque en políticas de suelo del Instituto Lincoln. Catastros para la planificación y desarrollo urbano en América Latina. Land Lines, 2, 35-36. ISBN: 978-1-55844-352-5  
Frediani, JC, (2013). La problemática del hábitat informal en áreas periurbanas del partido de La Plata. Revista Universitaria de Geografía, 22 (1), 43-67.  
Canestraro M. L. (2013). ¿Ilegales, irregulares, informales ...? Aportes para un debate sobre el suelo. Nómadas. Critical Journal of Social and Juridical Sciences, 249-370. [https://doi.org/10.5209/rev\\_NOMA.2013.42351](https://doi.org/10.5209/rev_NOMA.2013.42351).



## Disponibilidad actual y potencial de espacios verdes en barrios populares de Bahía Blanca. Un análisis a través de SIG.

G. Rosales<sup>1\*</sup>, K. Neuman<sup>1</sup>, G. Santecchia<sup>1</sup>, D. Pischel<sup>1</sup> y J. Span<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Sur, Departamento de Ingeniería.

\* [gabriel.rosales@uns.edu.ar](mailto:gabriel.rosales@uns.edu.ar)

### Resumen

Las ciudades sostenibles de aquí a 2030, tal como se establece en la meta 11.7 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, deben ofrecer a la población acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles. Esto incluye la creación de parques y plazas y la remodelación de espacios públicos existentes. Para ello es necesario la planificación urbana, siguiendo leyes locales y estándares internacionales. En la provincia de Buenos Aires, el Decreto Ley 8.912/77, referido al ordenamiento territorial y al uso del suelo, refiere en el artículo 8ºb) que los espacios verdes y libres públicos son aquellos “sectores públicos (en los que predomine la vegetación y el paisaje), cuya función principal sea servir a la recreación de la comunidad y contribuir a la depuración del medio ambiente”; adoptando, como mínimo, diez metros cuadrados (10 m<sup>2</sup>) de área verde o libre por habitante. Incluye plazoletas, plazas y parques públicos, estableciendo en cada caso la superficie por habitante, que serán convenientemente distribuidos y ubicados en cada área o zona de la ciudad.

En este trabajo se analiza el caso de los asentamientos informales que han tenido mayor desarrollo en este último tiempo en la ciudad de Bahía Blanca. El análisis se focaliza sobre la disponibilidad de áreas verdes para uso recreativo. Con respecto a la categorización utilizada para estos espacios, se les suele asignar a los asentamientos el concepto de informal, puesto que al referirse a los aspectos dominiales, sus ocupantes no poseen títulos de propiedad, o contratos de alquiler; no cumplen con las normas de subdivisión, uso, ocupación y construcción de la ciudad, pueden mostrar patrones de desarrollo irregular, carecer de servicios públicos esenciales, estar construidas en suelos públicos o ecológicamente vulnerables.

Los asentamientos informales, surgen por la auto-resolución de necesidades habitacionales, generalmente descritos como autoconstruidos, también se caracterizan como espacios de incertidumbre, precariedad urbana, inestabilidad y vulnerabilidad. En ellos se verifica marginalidad habitacional con vivienda inadecuada y falta de integración y acciones estatales. A pesar de que carecen de planificación por parte del Estado, el gobierno cuenta con un Registro Nacional de Barrios Populares (RENABAP) donde se asientan los bienes inmuebles (fiscales o particulares) que poseen la característica de asentamiento. Para cartografiar la situación actual de ocupación informal en los barrios populares se utilizó el software QGIS junto con la información disponible en el RENABAP e imágenes de Google Earth. A la vez, se analizó la existencia, acceso y disponibilidad de espacios verdes, identificando aquellas áreas



vacantes que podrían incorporarse como espacio verde público en futuros planes de regularización dominial. Se detectó que, si bien algunos barrios cuentan con una estructura urbana más consolidada, sobre todo los de mayor antigüedad, existe la posibilidad de adecuar, transformar y mejorar el espacio libre disponible para uso público.

**Palabras Clave:** barrios populares; espacios verdes; SIG.

## Introducción

Las ciudades sostenibles de aquí a 2030, tal como se establece en la meta 11.7 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, deben ofrecer a la población acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles (Naciones Unidas, 2015). En la provincia de Buenos Aires, el Decreto Ley 8.912/77, referido al ordenamiento territorial y al uso del suelo, refiere en el artículo 8ºb) que los espacios verdes y libres públicos son aquellos “sectores públicos (en los que predomine la vegetación y el paisaje), cuya función principal sea servir a la recreación de la comunidad y contribuir a la depuración del medio ambiente”; adoptando, como mínimo, diez metros cuadrados (10 m<sup>2</sup>) de área verde o libre por habitante.

Duval y Ramos (2023) estudiaron la variación temporal del crecimiento urbano de Bahía Blanca (Argentina) y su vinculación con los espacios verdes, concluyendo que los mismos no se incrementaron acorde a la expansión urbana. Un caso particular son los asentamientos informales, en ciudades como Bahía Blanca, con 336.574 habitantes (INDEC, 2022) y 13000 has, es común encontrar principalmente en zonas de la periferia, asentamientos informales, donde sus habitantes resuelven sus necesidades habitacionales al margen de lo que establece la ley, por ello se les asigna el concepto de informal. Refiriéndose a los aspectos dominiales, sus ocupantes no poseen títulos de propiedad, o contratos de alquiler.

A pesar de que estos espacios carecen de planificación por parte del Estado, éste cuenta con un Registro Nacional de Barrios Populares (RENABAP, 2022), donde se asientan los bienes inmuebles (fiscales o particulares) que poseen la característica de asentamientos y villas (Ley N°14449/2012), donde se alberga a la mayor proporción de población que habita en condiciones precarias, que presentan las principales problemáticas sociales y urbanas, y cuya concentración espacial de edificaciones están conectadas entre sí por una red de vías de circulación; en muchos casos en estos espacios se reservan lugares para equipamiento y espacios verdes. En este trabajo se analiza la existencia, acceso y disponibilidad de espacios verdes por parte de la población de los barrios populares que han tenido mayor desarrollo en este último tiempo en la ciudad de Bahía Blanca, identificando aquellas áreas vacantes que podrían incorporarse como espacio verde público en futuros planes de regularización dominial.

## Materiales y Métodos

En este trabajo se utilizaron Tecnologías de la Información Geográfica, que consisten en un conjunto de técnicas y métodos que facilitan la recolección,



manejo y análisis de diferentes datos (Chuvieco *et al.*, 2005; Ehrensperger *et al.*, 2007; Gentili y Gil, 2009). En el software QGIS versión 3.34 se volcó la información respecto a los polígonos correspondientes a los barrios populares de la ciudad, proporcionada por el RENABAP. Luego se cartografiaron los espacios verdes oficiales de la ciudad de Bahía Blanca, informados por el municipio (<https://www.bahia.gob.ar/mapas/>), y también aquellos identificados mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales de *Google Earth*. Con esta información se pudo clasificar a los barrios populares según cuenten o no con al menos un espacio verde dentro de sus límites, e identificar espacios verdes cercanos (menor a 300 m) a los barrios populares.

Se tuvo en cuenta la base de datos catastral de la Agencia de Recaudación de la Provincia de Buenos Aires (ARBA), para poder definir si las ocupaciones son sobre inmuebles de dominio del Estado o de particulares.

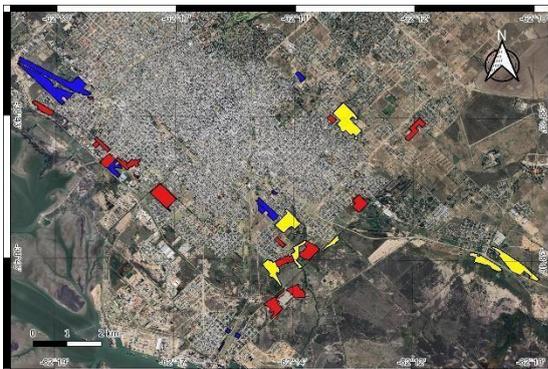
Por último, se indicaron los espacios libres de construcción sin uso aparente y de potencial destino como espacio verde público, a ser utilizado en caso de que la densidad poblacional exija mayor superficie.

## Resultados y discusión

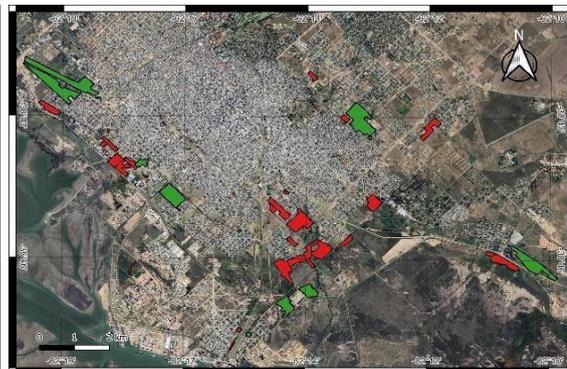
Según el RENABAP en Bahía Blanca existen 33 barrios populares (31 asentamientos y 2 villas). De ellos, el 61% se crearon en los últimos 20 años. El 27,3% de los barrios se asienta exclusivamente sobre tierras de dominio del Estado (público y privado), el 48,5% exclusivamente sobre tierras de particulares, mientras que en el 24,2% dentro de cada barrio se encuentran construcciones sobre tierras del Estado y sobre terrenos de particulares (Figura 1).

Con respecto a la existencia de espacios verdes dentro de estos barrios, sólo 8 cuentan con algún espacio destinado a tal fin, lo que representa el 24% de la totalidad de los barrios. En su mayoría corresponden a barrios que abarcan grandes superficies (Figura 2). El 84 % del resto de los barrios, si bien no cuentan con espacio verde, tienen en su cercanía (menos de 300 m) uno disponible.

Con respecto a la posibilidad de la incorporación de nuevos espacios verdes, nueve barrios poseen áreas vacantes susceptibles de ser utilizadas para tal fin y 15 cuentan con áreas vacantes linderas o en su cercanía, que por lo general corresponden a espacios linderos a calles, rutas y vías férreas.



**Figura 1.** Barrios populares clasificados según el dominio de las tierras. En rojo, tierras de particulares; en azul, tierras del estado; en amarillo, tierras de particulares y del estado.



**Figura 2.** Barrios populares clasificados según la disponibilidad de espacios verdes dentro de los mismos. En rojo, barrios sin espacio verde; en verde, barrios con espacio verde.



En la figura 3, se observa en particular el barrio Villa Talleres. Este barrio no cuenta con un espacio verde en su interior, sin embargo, se identificaron áreas vacantes, dentro y fuera del barrio, que los habitantes utilizan de manera recreativa, áreas vacantes sin uso aparente y un espacio verde cedido por plano de mensura al que aún no se le ha dado el destino previsto.

El 41% de las áreas vacantes por fuera de los barrios corresponden al dominio privado, mientras que el 59% restante pertenecen al dominio del Estado. En este caso, dentro de las áreas vacantes se destacan los espacios lineales de borde, y dado que los asentamientos por lo general ocupan áreas periféricas, una solución a la problemática de la falta de disponibilidad de espacios verdes sería incorporarlos con ese destino.



Figura 3. Barrio Villa Talleres. Línea roja, límites del barrio; en verde claro, espacio verde cedido por plano de mensura (sin uso ni infraestructura); en verde oscuro, espacio verde cercano; en rosa, espacio vacante con fines recreativos; en celeste, espacio vacante sin uso aparente.

## Conclusiones

Los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta útil para integrar información proveniente de diferentes organismos que nuclean datos referidos a superficie, ocupación, situación dominial del inmueble, etc., además de la información extraída de imágenes satelitales. Los profesionales de la Agrimensura gracias a su habilidad para medir con precisión el parcelamiento urbano, su comprensión sobre cuestiones legales referidas al dominio de la tierra, como también sus capacidades en el manejo de la información geográfica y del uso del suelo, pueden hacer aportes significativos en equipos de trabajo que analicen la incorporación o adecuación de tierras vacantes como espacio verde de uso público en futuros planes de regularización dominial, y de esta manera mejorar la calidad de vida de los habitantes de los barrios populares.

## Referencias

- Chuvienco, E. 2005. Fundamentos de teledetección espacial; Ed. RIALP, Madrid.
- Decreto Ley 8912. Ordenamiento territorial y uso del suelo. 28 de octubre de 1977.
- Duval, V. y Ramos. M. 2023. Expansión urbana y espacios verdes en Bahía Blanca (Argentina). Proyección: estudios geográficos y de ordenamiento territorial. 33 (13). 96 – 119. Instituto CIFOT, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.
- Ehrensperger, A., Wymann von Dach, S y Kakridi Enz, F. 2007. Tecnologías de Información Geográfica para el manejo de los recursos naturales. Focus 3. Suiza.
- Gentili, J. y Gil, V. 2009. Aplicación de Tecnologías de Información Geográficas (TIG) al análisis hidrogeomorfológico. Caso de estudio: cuencas hidrográficas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina. 12º Encuentro de geógrafos de América Latina “Caminando en una América Latina en transformación”. Montevideo, Uruguay, 9 pp.
- Ley N°14449. Ley de acceso justo al hábitat. 29 de noviembre de 2012.
- RENABAP. 2022. Secretaría de Integración Socio Urbana. Ministerio de Desarrollo Social Argentina.



## Procesamiento interferométrico, dos maneras de derivar el desplazamiento a partir de productos de franja ancha del sensor Sentinel-1

C. A. Gutiérrez <sup>1\*</sup>, S. Balbarani <sup>2,3</sup> y E. Goldar <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Departamento de Agrimensura.

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Agrimensura, Grupo de Modelado Digital del Terreno y Batimetría.

<sup>3</sup> Universidad de la Defensa Nacional, Facultad de Ingeniería del Ejército, Laboratorio de Geociencias.

\* [agcarlos64@gmail.com](mailto:agcarlos64@gmail.com)

### Resumen

El monitoreo de la infraestructura civil utilizando la tecnología satelital de radar de apertura sintética, no se explota para su máxima ventaja. Los métodos convencionales del monitoreo, utilizan dispositivos de medición en el lugar mismo, como los medidores de tensión, acelerómetros, interferómetros láser, electrónica de instrumentos de medición de distancia, sistema de detección y rastreo de luz y tecnología satelital de navegación global por satélite. La Interferometría diferencial de radar de apertura sintética, es una técnica que aprovecha la información de fase contenida en las imágenes de radar, para medir movimientos de la corteza terrestre en la dirección de vista del sensor. El radar, tiene varias formas de operar o modos de adquirir las imágenes, entre ellas se encuentran: STRIPMAP, SPOTLIGHT, SCANSAR y TOPSAR. Este último, es el modo más complejo y está implementado por pocos radares como SENTINEL de la ESA y SAOCOM. TOPSAR es un modo en el cual además de distribuirse la señal entre sub Swath continuos, también se distribuye la señal en acimut logrando así una iluminación más uniforme. Los datos utilizados, incluyen el área metropolitana alrededor de Katowice, Polonia la que forma parte de la cuenca carbonífera de la Alta Silesia, donde se registraron hundimientos superficiales en un número considerable de pequeñas depresiones como resultado de la larga minería del carbón y la posterior inundación de las minas. El presente trabajo muestra cómo derivar el desplazamiento de la superficie terrestre a partir de dos procedimientos. En el primer caso, con un solo par de imágenes y en el segundo caso, analizando una serie de ocho imágenes. El procesamiento del primer caso, no deja del todo claro hasta qué punto el resultado, representa las condiciones reales, sino se cuentan con datos de referencia externos. Mientras que, para el segundo caso, se logra minimizar los impactos de las perturbaciones de la fase atmosférica y errores de desenrollado de fase. Para el procesamiento interferométrico de ambos, se usó la arquitectura común o caja de herramientas denominada SNAP, de código libre y abierto.

**Palabras Clave:** radar; fase interferométrica; desplazamiento.

## Introducción

El monitoreo de la infraestructura civil utilizando la tecnología satelital de radar de apertura sintética, no se explota para su máxima ventaja. Los métodos convencionales del monitoreo, utilizan dispositivos de medición en el lugar mismo, como los medidores de tensión, acelerómetros, interferómetros láser, electrónica de instrumentos de medición de distancia, sistema de detección y rastreo de luz y tecnología satelital de navegación global por satélite. La Interferometría diferencial de radar de apertura sintética, es una técnica que aprovecha la información de fase contenida en las imágenes de radar, para medir movimientos de la corteza terrestre en la dirección de vista del sensor.

Entre las formas de adquirir las imágenes que tienen los radares SAR, se encuentran: StripMap, SpotLight, ScanSAR y TOPSAR. Ver Figura 1.

TOPSAR es un modo en el cual además de distribuirse la señal entre sub swaths continuos, también se distribuye la señal en acimut logrando así una iluminación más uniforme, haciendo que la relación señal ruido se mantenga más uniforme a lo largo de toda la imagen. Las características de este modo de adquisición son: adquisición homogénea, resolución espacial baja con un pixel de (5x20) m, gran cobertura (80x250) km, producto complejo SLC (Single Look Complex) de franja ancha IW (franja ancha interferométrica). Ver Figura 2.

Los datos utilizados incluyen el área metropolitana alrededor de Katowice, Polonia. El sitio forma parte de la cuenca carbonífera de la Alta Silesia, donde se informaron de hundimientos superficiales en un número considerable de pequeñas depresiones (subsidiencias) como resultado de la larga minería del carbón y la posterior inundación de las minas.

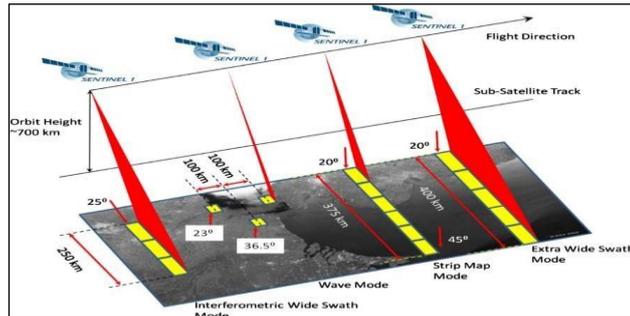


Figura 1. Modos de adquisición de imágenes SAR

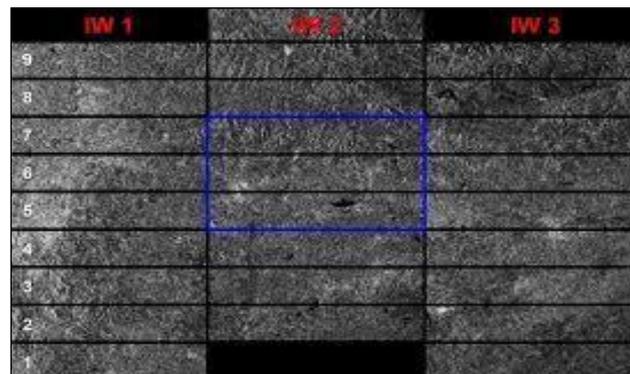


Figura 2. franjas (rojo) y ráfagas (blanco) de productos S1 IW



Figura 3. Extensión y ubicación del sitio



## Materiales y métodos

En el primer procedimiento para derivar el desplazamiento de la superficie, se usó solo un par de imágenes complejas SLC de amplio barrido interferométrico (IW) del sensor Sentinel-1 de la órbita 175, la imagen de referencia o master de fecha 08/12/2019 y la imagen secundaria de fecha 20/12/2019.

La cadena de procesamiento se compuso de las siguientes etapas:

- 1) Corregistración: a) Selección de franjas y ráfagas; b) Actualización de orbitas; c) Fusión de las dos imágenes y d) Corrección de rango y acimut de la imagen secundaria.
- 2) Formación del interferograma y estimación de coherencia: producto de la imagen de referencia por el conjugado complejo de la imagen secundaria. La amplitud de ambas imágenes se multiplica, mientras que la fase representa la diferencia de fase entre las dos imágenes.
- 3) Eliminación de líneas de unión entre ráfagas individuales.
- 4) Filtrado de Goldstein: proceso estadístico que restaura y mejora la calidad de los píxeles.
- 5) Recorte de la zona de interés, (aliviana el procesamiento informático)
- 6) Desenvolvimiento de la fase interferométrico (proceso que permite relacionar la fase interferométrica con la altura topográfica ya que la fase es ambigua y es solo conocida en la escala  $2\pi$ ).
- 7) Fase de desplazamiento: conversión de unidades de radianes a en desplazamientos relativos.
- 8) Corrección del terreno: a partir de un DEM, se convierte una imagen de la geometría SAR ó rango oblicuo, a un producto proyectado con coordenadas de mapa.

En el segundo procedimiento, se analizó una serie de 8 imágenes de la misma orbita relativa (175) y con un intervalo temporal de 12 días: 09/10/2019, 21/10/2019, 02/11/2019, 14/11/2019, 26/11/2019, 08/12/2019, 20/12/2019 y 01/01/2020. Los pasos descritos en la primera forma, se repitieron para cada par de imágenes consecutivas, ejemplo 1+2, 2+3, 3+4, etc. Así, se llegó a generar siete productos de desplazamiento (interferogramas diferenciales) geocodificados, entre el 09/10/2019 y el 01/01/2020. Los productos individuales se apilaron en orden cronológico, en una pila o stack, utilizando la geolocalización como método de desplazamiento inicial. A continuación, se calculó un desplazamiento medio, usando matemáticas de bandas, sumando ráster de todas las fechas y dividiendo el resultado por siete.

## Resultados

La Figura 4 muestra el desplazamiento de la superficie a partir de un solo par de imágenes de datos de radar SLC. En la Figura 5, se puede utilizar la herramienta Trazado de perfil para trazar las tasas medias de desplazamiento de la línea de servicio entre octubre y diciembre de 2019. Como se muestra en la imagen, la tasa es de aproximadamente 4 a 5 cm cada 12 días.

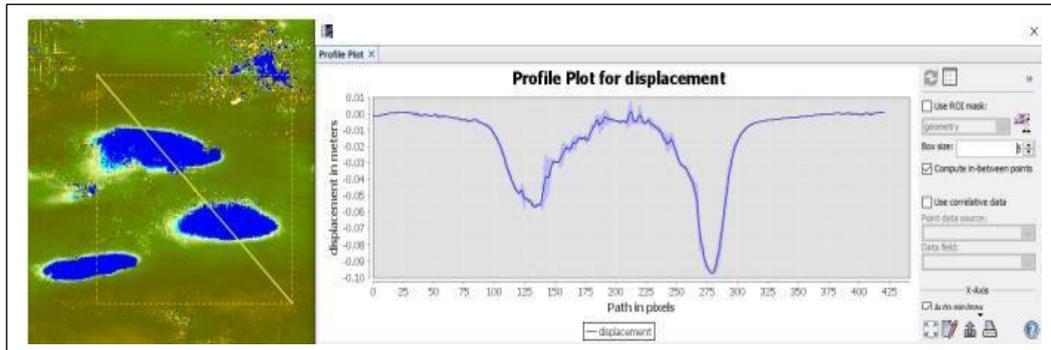


Figura 4. Gráfico de perfil para la banda de desplazamiento a través de dos cráteres de subsidencia a partir de dos imágenes

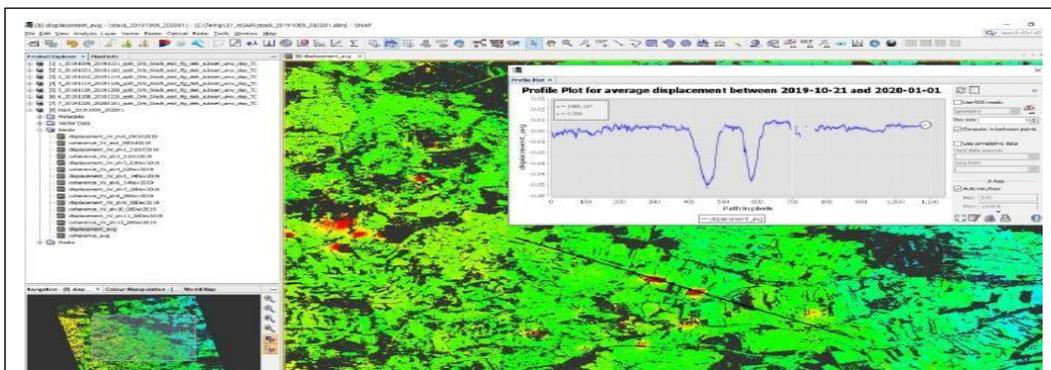


Figura 5. Procedimiento Multitemporal de desplazamiento

## Conclusiones

- El primer procedimiento, sigue sin estar claro qué tan bien el resultado representa las condiciones reales.
- El segundo procedimiento, al promediar los desplazamientos de varias fechas, se reduce el impacto de las perturbaciones atmosféricas y los errores de desenvolvimiento.
- Para el segundo procedimiento, los patrones de desplazamiento reales se hacen más evidentes. Fig. 5.
- Lo anterior supone que la tendencia de deformación es lineal entre el primer y el último par de imágenes (lo cual no es cierto).

## Referencias

Goldstein, R. M. y Werner C. L. (1998). Radar interferogram filtering for geophysical applications. *Geophysical Research Letters*. VOL. 25, N°21, 4035-4038.

Strozik, G.; Jendruś, R.; Manowska, A. y Popczyk, M. (2016). Mine subsidence as a post-mining effect in the upper silesia coal basin. *Journals System*. Vol. 25. 777-785.

Principios InSAR: Directrices para el procesamiento e interpretación de interferometría SAR (ESA TM-19)



## Alternativa para Georreferenciación de Parcelas en Santiago del Estero, utilizando PPP-Ar

J. E. Goldar <sup>1\*</sup>, G. N. Gerez <sup>1</sup>, L. E. Ayunta <sup>1</sup>, J. L. Gulotta <sup>1</sup>, S. D. Corbalán <sup>1</sup>, L. A. J. Moya <sup>1</sup>, M. Becker<sup>1</sup>, y D. E. Díaz <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Departamento Académico de Agrimensura.

\*jegoldar@unse.edu.ar

### Resumen

Desde el año 2022 trabajamos, en el Departamento de Agrimensura, en un proyecto de investigación, cuyo objetivo es optimizar el proceso de georreferenciación de parcelas en la provincia de Santiago del Estero. A partir de un convenio con la Dirección General de Catastro de la Provincia de Santiago del Estero, contamos con los archivos de procesamiento de un total de 2534 operaciones de georreferenciación realizadas con instrumental doble frecuencia, hasta marzo de 2024 en la provincia.

Por otra parte, PPP-Ar (Posicionamiento Puntual Preciso Argentino), es un servicio, en línea y gratuito, que brinda el IGN, el cual permite a los usuarios de la tecnología GNSS obtener coordenadas precisas vinculadas al marco de referencia geodésico POSGAR07, a partir del envío de datos en formato RINEX de receptores doble frecuencia que operan en modo estático.

A mediados de 2023 comenzamos a analizar, como alternativa, el uso de PPP-Ar para la georreferenciación de parcelas en Santiago del Estero; para lo cual seleccionamos operaciones agrimensurales distribuidas en el territorio, conforme al porcentaje del total de operaciones en cada departamento provincial. Así los archivos RINEX de las operaciones seleccionadas fueron reprocesados utilizando el servicio de PPP-Ar y sus resultados comparados con los obtenidos en los procesamientos originales de dichas operaciones.

Actualmente llevamos comparados los resultados de 310 operaciones agrimensurales, según el procedimiento establecido en la normativa. Las diferencias promedio obtenidas, entre el procesamiento con PPP-Ar y seleccionadas para el ensayo, se encuentran dentro de un entorno de los 24 cm.

Considerando que hemos contrastado un 12,23% de las operaciones, los resultados obtenidos resultan muy alentadores, con lo cual, en los primeros meses del 2025, año de finalización del proyecto, estaríamos en condiciones de recomendar a la Dirección General de Catastro de la provincia la adopción del servicio de PPP-Ar, como alternativa para la georreferenciación de parcelas rurales.

**Palabras clave:** georreferenciación; PPP-Ar; Santiago del Estero

### Introducción

La Ley Nacional de Catastro Territorial N° 26.209, en su artículo 3° inc, b), establece la Georreferenciación de las parcelas; y la Ley provincial N° 6.339 del Catastro Territorial de la provincia de Santiago del Estero, en su Artículo



2°, constituye como único organismo de aplicación para todo el territorio de la provincia a la Dirección General de Catastro (DGC). Además, teniendo en cuenta que el IGN, de acuerdo lo establecido en la Ley de la Carta N° 22.963, tiene la misión de definir y mantener el marco de Referencia Geodésico Nacional en concordancia con las normas y estándares.

Por su parte, la DGC dispuso, a partir del día 05 de Marzo de 2018, la georreferenciación de toda documentación técnica cuya registración se tramite para inmuebles urbanos, o rurales con una superficie mayor 5 has, inmuebles rurales que contengan límites, (provinciales, departamentales y municipales) y de toda operación, que involucre amanzanamiento (clubes de campos, barrios cerrados, cementerios parque y urbanizaciones especiales de características similares a las mencionadas).

En toda mensura la georreferenciación se realiza la vinculación de por lo menos dos vértices de la propiedad, el primero denominado “VINC” vinculado al Marco de referencia Nacional y un punto “VERT” vinculado al punto “VINC” procesado previamente (DGC, 2018).

Por su parte PPP-Ar es una técnica de posicionamiento basada en el procesamiento de pseudodistancias y observaciones de fase sin diferenciar, obtenidas con un único receptor GNSS. Con este método se eliminan las limitaciones introducidas en el procesamiento con el método diferencial de la cercanía de la BASE, ya que ésta no resulta necesaria (en primera instancia). Esto se traduce en una gran flexibilidad en las mediciones de campo, reduce los costos de trabajo y equipamiento, y simplifica la logística en las mediciones. Dentro de las principales aplicaciones que se le puede dar a las coordenadas obtenidas de un procesamiento PPP se encuentran la georreferenciación de parcelas rurales, la topografía en general y todo tipo de actividades donde se necesiten coordenadas centimétricas o decimétricas. Aunque el método PPP no requiere de ninguna estación BASE, se debe tener un conocimiento preciso de las coordenadas de los satélites y del estado de sus relojes. Esto es posible gracias a que semana a semana los centros de procesamiento del Servicio Internacional GNSS (IGS) generan y publican archivos de órbitas satelitales, correcciones a los relojes de los satélites y parámetros orientación terrestre que se utilizan luego en el procesamiento PPP. Además, se utilizan modelos de carga oceánica, modelos del estado de la tropósfera (temperatura y humedad) y datos de calibración absoluta de antenas de los satélites y receptores (IGN, 2022).

En este trabajo presentamos los resultados de 310 pruebas realizadas para la georreferenciación de parcelas Rurales, empleando el servicio de PPP-Ar del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y comparadas con las efectuadas según normativa de la DGC de Santiago del Estero.

## **Materiales y métodos**

En el marco del proyecto: Estudios para optimizar la georreferenciación de parcelas rurales en la provincia de Santiago del Estero y a partir de los datos brindados por Dirección General de Catastro de la Provincia de Santiago del Estero, mediante un convenio de cooperación, contamos con los archivos de procesamiento de un total de 2534 operaciones de georreferenciación, realizadas con instrumental doble frecuencia, hasta marzo de 2024 en la



provincia. La metodología utilizada, para estos ensayos, fue seleccionar un total de 310 operaciones distribuidas en el territorio acorde al porcentaje del total de operaciones en cada departamento provincial conforme a Resolución Interna N° 143-DGC-2017 y su modificatoria Resolución Interna N° 38-DGC-2019. Los archivos de las operaciones seleccionadas, se separaron entre las que tienen menos y las que tienen más de una hora de observación.

Las operaciones seleccionadas se reprocesaron con PPP-Ar, para lo cual se cargaron los datos de observación, junto con los metadatos correspondientes en la aplicación web. En esta solicitud el usuario ingresa el nombre de la BASE, el archivo de observación en formato RINEX, el tipo y la altura de la antena que se utilizó en la medición. Una vez solicitado el procesamiento, la aplicación efectúa un chequeo de las características del RINEX y realiza la descarga de los archivos auxiliares necesarios para el procesamiento: coordenadas precisas de las órbitas, correcciones a los relojes de los satélites y parámetros de orientación terrestre. Con esta información, los metadatos y el archivo de observación, se procesan los datos con el programa GPSPACE. Las coordenadas obtenidas del procesamiento PPP se encuentran inicialmente referidas al marco de referencia de las órbitas utilizadas en la época de medición; este marco de referencia es el último disponible al momento en que la medición fue realizada. Las coordenadas en la época de medición se llevan a la época 2006.632 (época de referencia del Marco de Referencia Geodésico Nacional POSGAR07), con el uso del modelo de velocidades VELAr. Al finalizar este proceso se aplica una transformación de 7 parámetros para obtener finalmente las coordenadas del punto expresadas en el marco de referencia POSGAR07 para la época 2006.632. Todos los resultados, junto con información acerca del procesamiento GNSS, se almacenan en un reporte en formato PDF que se envía al usuario por correo o puede descargarse desde la aplicación web (IGN, 2022).

Como resultado del procesamiento con PPP-Ar se obtiene un archivo en formato PDF que se envía al usuario por correo. Asimismo, el archivo PDF puede ser descargado también desde la aplicación (Fig. 1).

En la figura 2 se muestra la sección del reporte PDF, donde están las coordenadas oficiales POSGAR07 (época 2006.632), la cota SRVN16 del punto en cuestión, si el mismo está dentro del área de cobertura del modelo GEOIDEAr16. Además de las coordenadas en el marco de referencia geodésico nacional, se reportan las coordenadas PPP

### RESUMEN DE PROCESAMIENTO DEL PUNTO B001

FECHA DE EJECUCIÓN DEL PROCESAMIENTO (UTC 1): 2022-01-26 14:26:28

INICIO DE MEDICIÓN:	2017-09-02 12:02:55	MODELO DE ANTENA:	Trimble R8s Internal (TRMR8S NONE)
FIN DE MEDICIÓN:	2017-09-02 15:49:50	ALTURA DE ANTENA (ingresada):	0.945 m
DURACIÓN:	03:46:55	TIPO DE ALTURA DE ANTENA (ingresada):	Inclinada al centro del tope protector
OBSERVACIONES:	Código & Fase	ALTURA DE ANTENA (ARP al punto) <sup>2</sup> :	0.885 m
INT. DE REGISTRO:	5 segundos	DISTANCIA ARP-APC <sup>3</sup> :	0.101 m
CONSTELACIONES PROCESADAS:	GPS+GLO	FRECUENCIAS PROCESADAS <sup>4</sup> :	L1/L2
ÉPOCAS PROCESADAS:	2724	ÁNGULO DE MÁSCARA:	10°
ÉPOCAS RECHAZADAS:	0	TIPO DE PRODUCTOS <sup>5</sup> :	Finales

Figura 1: Resumen de procesamiento del punto

### RESULTADOS DEL POSICIONAMIENTO

COORDENADAS OFICIALES POSGAR07 (época 2006.632) <sup>6</sup>			
GEODÉSICAS		CARTESIANAS GEOCÉNTRICAS	
Latitud:	34° 35' 3.6480"S ±0.009 m	X:	2754795.475 m ±0.022 m
Longitud:	58° 23' 44.9848"W ±0.018 m	Y:	-4477125.831 m ±0.027 m
Altura elipsoidal:	30.064 m ±0.035 m	Z:	-3600016.254 m ±0.021 m
Altura SRVN16 <sup>7</sup> :	13.962 m	N:	16.102 m
COORDENADAS PPP (época 2017.245) <sup>8</sup>			
GEODÉSICAS		CARTESIANAS GEOCÉNTRICAS	
Latitud:	34° 35' 3.6441"S ±0.009 m	X:	2754795.472 m ±0.020 m
Longitud:	58° 23' 44.9864"W ±0.011 m	Y:	-4477125.901 m ±0.028 m
Altura elipsoidal:	30.052 m ±0.035 m	Z:	-3600016.149 m ±0.016 m

Figura 2: Resultados del posicionamiento



vinculadas al marco de referencia de las órbitas utilizadas y determinadas para la época de medición. Estas coordenadas son las obtenidas en forma nativa como salida del procesamiento PPP, sin la aplicación de ningún modelo ni consideración adicional. Ambos juegos de coordenadas se expresan en latitud, longitud y altura elipsoidal y en cartesianas geocéntricas, teniendo asociados los errores estimados expresados en metros (IGN, 2022).

Resultados y discusión

Por cuestiones de espacio solo se muestra, en la tabla 1, los estadísticos resultantes de las diferencias que arrojan la comparación de las coordenadas georreferenciadas brindadas por la DGC, con las procesadas con PPP-Ar tanto las transformadas a Planas Gauss Kruger, Faja 4 (DGC, 2019), desde coordenadas geodésicas oficiales Posgar07 (época 2006.632) y desde coordenadas geodésicas PPP (época 2022.338). Así mismo se compararon y calcularon estadísticos para ambos grupos de observaciones seleccionadas.

Tabla 1. Estadísticos de comparación de Georreferenciación DGC con PPP.

Table with 9 columns: ESTADÍSTICOS, observaciones menores a 1 hora (Dif. G.K.: DGC vs. POSGAR 07, Diferencias G.K.: DGC vs. PPP), and observaciones mayores a 1 hora (Dif. G.K.: DGC vs. POSGAR 07, Diferencias G.K.: DGC vs. PPP). Rows include Dif. media (m), Desvío estándar, and Error total.

Conclusiones

Los resultados alientan la posibilidad de plantear una metodología alternativa de georreferenciación de parcelas, basado en menor tiempo de observación y sin tener en cuenta las las distancias a puntos fijos de POSGAR07. Esto debido a que la muestra analizada es muy representativa (12.23%) y las diferencias obtenidas se encuentran muy por debajo de los 70 cm de tolerancia, establecida por las resoluciones de la Dirección de Catastro de Santiago del Estero.

Referencias

DGC: Dirección General de Catastro, Santiago del Estero. Resolución Interna N° 143-DGC-2017 y Resolución Interna N° 38-DGC-2019. Disponible en: https://dgcsantiago.gob.ar/page.normativas.html

I.G.N.: Instituto Geográfico Nacional. (fecha de consulta 02 de junio de 2021) "La Georreferenciación de Parcelas Rurales en la República Argentina". Disponible en: https://www.ign.gob.ar/archivos/geodesia/Normativa\_georreferenciacion\_de\_parcelas\_rurales.pdf

I.G.N.: Instituto Geográfico Nacional. (fecha de consulta 04 de Julio de 2022) "Servicio PPP-Ar Posicionamiento Puntual Preciso de la República Argentina" Disponible en: https://www.ign.gob.ar.



## Las PPS en Agrimensura como integradora de actividades de Docencia, Extensión, Investigación y Transferencia

J. E. Goldar <sup>1\*</sup>, G.N. Gerez <sup>1</sup>, E. M. Costanzo <sup>1</sup> y D. A. Sandez <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Exactas y  
Tecnologías, Departamento Académico de Agrimensura.

\*jegoldar@unse.edu.ar

### Resumen

La Universidad tiene como funciones básicas, la docencia, la investigación, la extensión y la transferencia. Por su parte, la Práctica Profesional Supervisada (PPS) son prácticas formativas, por parte del alumno, y es una obligación curricular en la carrera de ingeniería en Agrimensura. En algunas ocasiones, estas PPSs pueden tener derivaciones que la llevan a funcionar como integradora de las cuatro funciones básicas de la Universidad. Es el caso de la experiencia que presentamos.

En noviembre de 2023, un convenio entre nuestra Facultad y la Municipalidad de la ciudad de Loreto, para que una alumna de la carrera de Ingeniería en Agrimensura desarrollara su PPS en el municipio. En el desarrollo de la PPS, surgió la posibilidad de financiamiento nacional para el proyecto de desagües, pero se requería contar un modelo superficial de alturas de la ciudad, en un lapso escaso de tiempo, para elaborar el proyecto antes del vencimiento de la convocatoria nacional.

Por su parte, como contábamos con distintos modelos de ondulaciones geoidales regionales desarrollados en proyectos de investigación del Departamento de Agrimensura, contábamos con un punto de doble altura (geoidal y s.n.m.m.) en la ciudad, que servía de arranque para ejecutar una línea de control y poder ejecutar el modelo de alturas mediante desniveles geoidales, con levantamiento RTK, esto se realizó como una actividad práctica de la Asignatura Topografía Satelital y Georreferenciación. Así se relevaron todos los cruces de calle en el sector amanzanado de la ciudad, obteniéndose una red puntos georreferenciados y acotados que permitieron obtener el modelo superficial, cubriendo la superficie del sector amanzanado de la ciudad. El relevamiento se hizo con circuitos que cerraban en puntos fijos de la línea base, obteniéndose en todos los casos errores de cierre de dentro de la tolerancia requerida.

De esta manera se obtuvo un modelo superficial de alturas, con la calidad requerida desde lo técnico, basándose en actividades de extensión, docencia e investigación y cuyo resultado sirvió de transferencia; integrándose, de esta manera, las cuatro funciones básicas de la Universidad.

**Palabras clave:** PPS; docencia; investigación; extensión; transferencia

### Introducción

Corresponde a la Universidad, dentro de sus funciones, entre otras, a) Impartir la enseñanza superior con carácter científico para la formación de investigadores, profesionales y técnicos, y b) Coordinar con las Universidades



de la región el desarrollo de los estudios superiores, de investigación y acciones de extensión universitaria, garantizando una funcionalidad y una operatividad que propendan a solucionar sistemática y permanentemente problemas relacionados con las peculiaridades de la región (UNSE, 1996).

Por su parte, la Práctica Profesional Supervisada (PPS) son prácticas formativas, por parte del alumno, mediante residencias programadas u otros tipos de acciones supervisadas, relacionadas con su especialidad, en sectores de la producción y/o de servicios, en proyectos concretos o investigaciones desarrolladas por la institución receptora, para estos sectores o en cooperación con los mismos (FCEyT-UNSE, 2018). El cumplimiento de esta actividad es obligatoria por parte de los alumnos en todas las carreras de ingeniería. Entonces la obligación curricular de las PPS, resulta una importante oportunidad para integrar las actividades universitarias de docencia, investigación, transferencia y extensión.

En este trabajo presentamos un estudio en el cual pudimos integrar estas cuatro actividades, a partir de la necesidad específica de la Municipalidad de la ciudad de Loreto, que requería con urgencia de un plano acotado, con puntos en todos los cruces de calles, del sector amanzanado de la ciudad; esto para la elaboración de un proyecto de desagües por intermedio de programas nacionales. Ante la posibilidad concreta de poder contar con un proyecto de desagües, sin costo para el municipio, con la condición de que se remita un plano acotado de la sector que involucraría el dicho proyecto y no contando con personal para ejecutar el mismo, la municipalidad recurrió a la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), específicamente al Departamento de académico de Agrimensura (DAA) de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT). Para ello se firmó, en noviembre de 2023, un convenio entre la Facultad y la Municipalidad, para que una alumna de la carrera de Ingeniería en Agrimensura realice su PPS en el municipio y, como parte de ella, la planificación y ejecución del plano acotado solicitado.

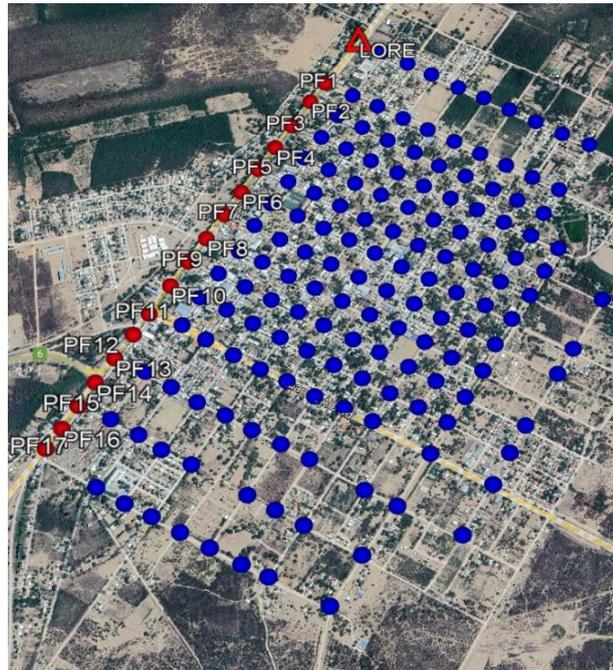
La PPS fue autorizada el 18 de marzo de 2024, mediante Resolución FCEyT N° 122/2024, e inmediatamente se comenzó con los trabajos.

## **Materiales y métodos**

La ciudad de Loreto se encuentra ubicada 55 km al sur de la ciudad de Santiago del Estero sobre la Ruta Nacional N° 9, la misma cuenta con un modesto municipio, que no posee personal técnico ni profesional. El área donde se requiere el plano acotado, comprende el sector amanzanado de la ciudad, como se muestra en la Figura 1, donde se requería un punto de cota en cada cruce de calles, sobre el cordón cuneta. Ante la necesidad de contar con el relevamiento altimétrico, a la mayor brevedad posible, se optó por un levantamiento GNSS (Global Navigation Satellite System) en modalidad RTK (Real Time Kinetic), con observaciones de 5 segundos en los cordones cuneta de cada cruce de calles. Esta tarea se desarrolló con la participación de alumnos de la Asignatura Topografía Satelital y Georreferenciación, quienes, dentro de la planificación de Actividades Prácticas, deber realizar un relevamiento GNSS-RTK. Se utilizaron dos equipos, un Sistema Trimble R6 GNSS y un Kolida Elite K9 Mini, ambos doble frecuencia y con precisión vertical (en RTK) de 15 mm +

0,5 ppm y 15 mm + 1 ppm, respectivamente.

Se hizo base junto al punto LORE, y a partir de allí salieron dos grupos de relevamiento que fueron realizando circuitos que partían de un PF recorrían la calle correspondiente, de orientación este-oeste, tomado puntos en los cordones cuneta de cada cruce de calles (fig. 1) y regresando por la siguiente calle paralela, hasta cerrar en el PF siguiente. A su vez los itinerarios de observación satelital debían partir y terminar en un punto de cota conocida, para su correspondiente validación y compensación. Para ello se planificó una línea de nivelación geométrica de apoyo, sobre la calle



**Figura 1:** Sector amanzanado de la ciudad con PF.

Raúl Alfonsín, con puntos fijos (PF) con cota sobre el nivel medio del mar (s.n.m.m.). La nivelación de la línea base, se ejecutó partiendo del punto fijo LORE de la Red de Referencia Cartográfica y Catastral de la provincia, el cual es un PF que tiene la particularidad de contar con altura elipsoidal y cota s.n.m.m., producto de pertenecer a la red de puntos generadores de diferentes modelos de ondulaciones geoidales desarrollados como resultado de proyectos de investigación del Departamento de Agrimensura de la UNSE, entre los años 2009 y 2015 (Goldar et al., 2018). Es decir que el mismo punto serviría de arranque de la nivelación geométrica de la línea base y estación de referencia para el receptor base del levantamiento GNSS-RTK.

La nivelación geométrica se llevó a cabo con un nivel automático Zeiss Ni2, mediante el procedimiento nivelación por doble alineación [4], con cambio de estación. La diferencia entre ambas nivelaciones fue de 23 mm, para una línea de 2100 m de longitud, con lo cual se tuvo un resultado por debajo de la tolerancia para este tipo de trabajos:  $T = 0,02m \sqrt{L (km)}$  (Mangiaterra y Noguera, 1999), 29 mm para nuestro caso. En la tabla 1 se presenta las cotas (alturas s.n.m.m.) compensadas de los PF de la línea base.

En la figura 1 están marcados, el punto LORE con un triángulo rojo y los PF del itinerario de nivelación geométrica con círculos rojos, estos últimos se materializaron, sobre el cordón de vereda, con marcas de pintura. Además la ubicación de los puntos de observación GNSS-RTK, se encuentran indicados con círculos azules.

Posteriormente se validaron los resultados de cada circuito, comparando los desniveles elipsoidales con los desniveles geométricos entre los PF extremos de



cada circuito. Finalmente se compensaron los desniveles elipsoidales con respecto a las cotas de los PF extremos de cada circuito y se calcularon las cotas definitivas de todos los puntos relevados.

### Resultados y discusión

En la tabla 1, presentamos los cierres de cada circuito de relevamiento GNNS-RTK, comparado con el desnivel geométrico entre puntos de arranque y final.

**Tabla 1:** Cierres de circuitos nivelación satelital vs. geométrica.

Circuito	1	2	3	4	5	6	7	8
Cierre Altimétrico (mm)	-12	+22	+34	-7	-12	-16	-41	+32

En todos los casos los resultados dieron por debajo de la tolerancia de 5 cm, para los todos circuitos cuya longitud variaba entre 2,3 y 3 km.

### Conclusiones

Los resultados alcanzados, desde lo técnico, cubrieron el requerimiento de la Municipalidad, de contar con un plano acotado que servirá de base a un proyecto de desagües de la ciudad.

Desde lo académico, quedo demostrado que las PPS puede ser una obligación curricular que integre las cuatro funciones de la Universidad. La docencia, con la participación de una actividad práctica especifica de la asignatura Topografía Satelital y Georreferenciación. La investigación, al haber utilizado, como datos de base, resultados de proyectos de investigación ejecutados en el Departamento de Agrimensura de la UNSE. La extensión, con la firma del convenio específico para la PPS, permitiendo que la Municipalidad contara con personal técnico que resolviera temas concretos. Y, finalmente, la transferencia, porque los resultados serán utilizados para un proyecto de desagües de la ciudad.

### Referencias

FCEyT-UNSE. 2018. Reglamento de Práctica Profesional Supervisada. Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la UNSE, Res. N° 163/18, Santiago del Estero, 10 pp.

Goldar, E.; Gerez, G.; Gutiérrez, C. 2018. Optimización del Proceso de Interpolación de Ondulaciones Del Geoide, Experiencias Para Santiago del Estero, Argentina. Editorial Académica Española, Beau Bassin, Mauricio, 96-104. ISBN

Mangiaterra, A.; Noguera, G. 1999. Nivelación por doble alineación. UNR/publicaciones 287-293. Recuperado de: [https://www.fceia.unr.edu.ar/gps/publicaciones/Nivelacion\\_por\\_doble\\_alineacion\\_1999.pdf](https://www.fceia.unr.edu.ar/gps/publicaciones/Nivelacion_por_doble_alineacion_1999.pdf)

UNSE. 1996. Estatutos de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Honorable Asamblea Universitaria de la UNSE, Santiago del Estero, 171 pp.



## Determinación de la deflexión de la vertical comparando observaciones GNSS con nivelación geométrica

G. J. Gómez <sup>1\*</sup>, D. A. Terluk <sup>1\*\*</sup>, F. L. García<sup>1</sup>, M. Montilla<sup>1</sup>, J. E. Sánchez Ventrice<sup>1</sup>, R.M. Delgado Daneri<sup>1</sup>, J. A. Vázquez Trotteyn<sup>1</sup>, F. N. Lloveras Kümmel<sup>1</sup>, J. P. Olivera Pantuso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería, Departamento Agrimensura

\* [agrim.gomezgerman@gmail.com](mailto:agrim.gomezgerman@gmail.com), \*\* [darielkulret@gmail.com](mailto:darielkulret@gmail.com)

### Resumen

Esta propuesta surge como una extensión o derivado del trabajo presentado “Análisis de Precisiones de las Técnicas de Medición GNSS: RTK y NTRIP”- La intención fue encontrar un método alternativo y confiable que permita la determinación de deflexión de la vertical en un punto.

Rápidamente se recuerda que la deflexión de la vertical en un topocentro es la diferencia angular entre su vertical y su normal al elipsoide de referencia. Si el elipsoide es absoluto, nos referiremos a deflexión absoluta y si el elipsoide es relativo, nos referiremos a deflexión relativa. A su vez, este ángulo es quien define la posición relativa entre los sistemas horizontales geodésico y astronómico que se pueden construir en dicho topocentro.

La idea fue entonces aprovechar la existencia de una red de puntos medida y ajustada que provee para cada punto la cota geodésica y en consecuencia, posibilita el cálculo del desnivel por diferencias de cotas geodésicas y comparar estos desniveles con los obtenidos con nivelación geométrica. Debe visualizarse que en el primer caso (cotas geodésicas) se trabaja con la normal y en el segundo (nivelación geométrica) con la vertical.

La influencia de la deflexión de la vertical es probablemente despreciable para algunos casos, fundamentalmente en el posicionamiento horizontal; pero su influencia en el aspecto altimétrico no puede dejar de analizarse y considerarse según corresponda. Una “deflexión de la vertical” del orden de los

15 o 20” en un punto (valores totalmente aceptables en nuestra provincia), genera a 1000 m de distancia diferencias altimétricas que pueden ir desde 0 a 10 cm según la dirección adoptada, y ello evidentemente puede ser crucial en trabajos como tendido de red cloacal, riego, entre otros.

La forma de contrastar la bondad de los datos obtenidos es tras la comparación con un modelo de Geoide que devuelva también componentes de la deflexión de la vertical. Si los resultados son los esperados la propuesta final será evitar la nivelación geométrica y obtener desniveles geométricos con muy buena aproximación tras una corrección por influencia de la deflexión de la vertical (obtenida de un modelo) a las observaciones GNSS.

**Palabras Clave:** Deflexión; GNSS; Nivelación; Componentes.

## Introducción

Es común advertir diferencias planimétricas y altimétricas en levantamientos hechos con GNSS al compararlos a los hechos con Estación Total o Nivel. Estas diferencias van más allá de la precisión de una u otra metodología de levantamiento. En el caso de planimetría es probable que surjan por no haberse considerado reducciones al elipsoide y/o plano Gauss Krüger, y para el caso de altimetría porque cada metodología mide desniveles respecto de distintas superficies de referencia y a lo largo de distintas direcciones; lo que puede vincularse a través del conocimiento de la deflexión de la vertical, motivo de estudio del presente trabajo.

Se cree oportuno recordar previamente algunos conceptos para facilitar la comprensión del modo de proceder propuesto.

Empezaremos recordando dos sistemas locales usados por Geodesia, el Sistema Horizontal Astronómico y Sistema Horizontal Geodésico, con gráficas y sin mayores comentarios, en adelante SHA y SHG respectivamente. Figura 1.

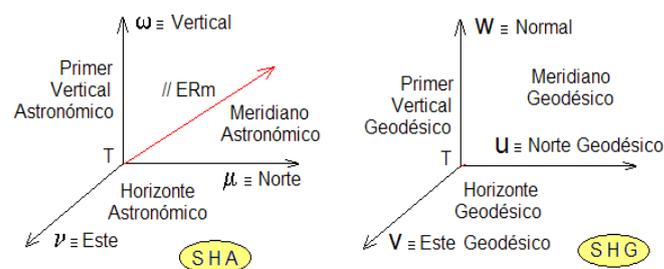


Figura 1: Sistemas Horizontales Astronómico y Geodésico

Habiendo ya definido el ángulo de la deflexión de la vertical en el resumen, es oportuno recordar sus componentes horizontales. Para ello, habrá que imaginarse el SHA con origen en el Topocentro T, al que se le asocia una esfera de direcciones. La vertical aflora en dicha esfera en el punto Ca (Cenit Astronómico). Ahora imaginamos la normal al elipsoide de revolución que pasa por el Topocentro T, la que pincha la esfera en un punto Cg (Cenit Geodésico) y que forma con la vertical de T un ángulo  $\delta$  que es la deflexión de la vertical y que se pone en evidencia como el arco CaCg. Proyectando ortogonalmente la dirección de la normal sobre el Meridiano Astronómico de T se obtiene la dirección d, la que pincha la esfera de direcciones en el punto Cd. El arco  $\varepsilon$  CaCd perteneciente al plano Meridano y el arco  $\eta$  CdCg perpendicular a éste, son las componentes meridiana y perpendicular al meridiano respectivamente, a las que se las suele llamar también componentes NS y EO. Figura 2.

La importancia de estas componentes está dada en el hecho de que un modelo de Geoide que contiene además de ondulaciones, valores de la deflexión de la vertical, la expresa a través de sus componentes NS y EO. Conocer las componentes  $\varepsilon$  y  $\eta$  de la deflexión permite conocer la dirección de la componente absoluta de la deflexión. Pero su importancia, aún, va más

allá de todo esto, puesto que las componentes fijan la posición relativa entre los SHA y SHG (Figura 2), ergo, el conocimiento de las componentes permite pasar coordenadas de un sistema a otro.

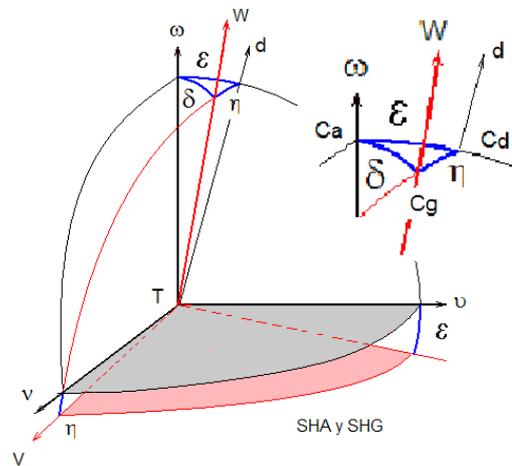


Figura 2: Deflexión de la Vertical - Sus Componentes - SHA y SHG

Debe observarse que un punto tiene distintas alturas respecto de los horizontes astronómico y geodésico, y esta diferencia es en definitiva la diferencia que se observa de comparar los desniveles de cotas geodésicas (resultado de un levantamiento GNSS) y desniveles obtenidos con nivelación geométrica.

Y finalmente, teniendo los dos sistemas dibujados en forma conjunta, vinculados por la deflexión de la vertical se pueden observar dos hechos muy notorios y calificantes:

Uno, es el hecho que los planos de horizonte geodésico y astronómico de un Topocentro forman distintos ángulos según la dirección elegida, el que está representando la componente de la deflexión en esa dirección y se expresa en función de las componentes de la deflexión a través de la siguiente expresión.

$$\delta_A = \varepsilon \cdot \cos(A) + \eta \cdot \sin(A) \quad \text{Exp(1)}$$

Y dos, es el hecho de que, a una misma distancia del origen T los planos tienen distintas separaciones según la dirección adoptada, con lo que se concluye que las diferencias entre desniveles geodésicos y desniveles geométricos dependen de la dirección del itinerario.

Lo expresado hasta el momento permitirá entender la propuesta del presente trabajo, que en definitiva es, operar en forma inversa, o sea, partiendo del conocimiento de la diferencia de desniveles en dos direcciones, calcular las componentes de la deflexión en esas direcciones, y en función de ellas obtener finalmente las componentes NS y EO de la deflexión de la vertical.

## Materiales y métodos

La red que se midió con observaciones GNSS al modo estático para el estudio de las precisiones de RTK y NTRIP resultaba un marco propicio para ejecutar la propuesta, pues ya se conocían desniveles geodésicos, solo faltaba conocer el desnivel geométrico y eso fue lo que se hizo.

Esta red se encuentra emplazada en las cercanías del Río San Juan, límite entre los departamentos Zonda y Ullum. Por su diseño y marcación resultaba apta para nivelar 3 km en dirección casi Norte Sur y 6 km en dirección casi Este Oeste. Se optó por no hacer nivelación geométrica de precisión ni de alta precisión y con todos los recaudos que ello implicaría; sino que solo se realizó nivelación geométrica en ida y vuelta simultáneos, previendo diferencias menores a 2 mm para cada tramo, con la idea que resultase un trabajo bien hecho pero ágil, en busca de una propuesta rápida y con buena aproximación de los valores reales de las componentes de la deflexión

## Resultados y discusión

En Figura 3 se intenta hacer una representación gráfica de la deflexión de la vertical en el punto A000, donde se plasman valores de las componentes horizontales según modelo de Geoide (ICGEM) y los obtenidos en el presente trabajo para las direcciones de referencia. Se podrán observar diferencias del orden de 1". Se comenta que el punto A000 es el que se usa como base de las mediciones RTK para la determinación de precisiones de la técnica.

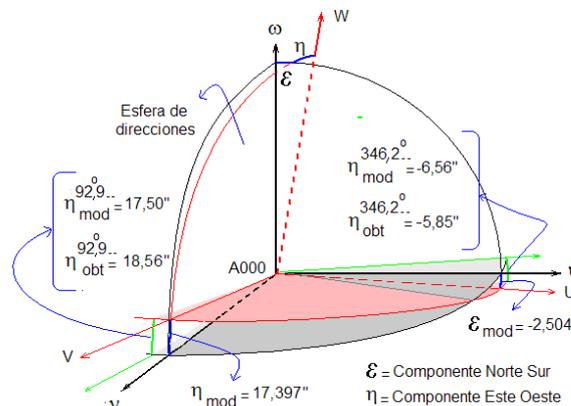


Figura 3: Deflexión en el punto A000 - Valores de modelo y obtenidos

### Dirección A000-A2500 (próxima a SN)

Acimut Geodésico A000 A2500

346° 15' 56",28

Distancia A000 A2500

2500 m

Desnivel de cotas geodésicas A000 a A2500

DH = 1,630 m

Desnivel geométrico desde A000 a A2500

Dh = 1,559 m

Diferencia de desniveles para el tramo

Dif $\Delta$ H = 0,071 m

Diferencia media de desniveles x km

**2,84 cm / km**

Componente de la en esta dirección

$\delta 1 = 5'',85$



### Dirección casi EO

Acimut Geodésico A000 6000	272° 54' 15",36
Distancia A000 6000	6000 m
Desnivel de cotas geodésicas A000 a 6000	DH = - 50,078 m
Desnivel geométrico desde A000 a 6000	Dh = - 49,506 m
Diferencia de desniveles para el tramo	difΔH = 0,572 m
Diferencia media de desniveles x km	<b>9,5 cm / km</b>
Componente de la en esta dirección	δ2 = 18",56

### Planteo de 2 ecuaciones con dos incógnitas

$$\delta_{A1} = \varepsilon \cdot \cos(A_1) + \eta \cdot \text{seno}(A_1)$$

$$\delta_{A2} = \varepsilon \cdot \cos(A_2) + \eta \cdot \text{seno}(A_2)$$

$$05",85 = \varepsilon \cdot \cos(346^\circ 15' 56",28) + \eta \cdot \text{seno}(346^\circ 15' 56",28)$$

$$18",56 = \varepsilon \cdot \cos(272^\circ 54' 15",36) + \eta \cdot \text{seno}(272^\circ 54' 15",36)$$

### Y obtención definitiva de las componentes

$$\varepsilon = - 1",51$$

$$\eta = 18",51$$

Diferencia media de desniveles x km debe entenderse como la diferencia de desniveles de observaciones hechas con GNSS versus las hechas con Nivel, obviamente para esa dirección; y estas son las diferencias sobre las que tantas veces se consulta respecto al "¿porqué de su existencia?"

Y con las componentes se puede obtener la deflexión total  $\delta t = 18",57$  y sus direcciones de máxima influencia:  $274^\circ 39' 49"$  y/o  $94^\circ 39' 49"$ .

El modo de comprobar que los resultados muestran un valor coherente es tras la comparación con valores obtenidos desde un modelo global de Geoide; a los efectos se usa EIGEN-6C4 publicado por ICGEM en su sitio oficial, cuya devolución en función de las coordenadas el punto A000 es:

vertical\_deflection\_abs 1.7576339+01 equivale a 17",5763...

vertical\_deflection\_ew 1.7397083+01 equivale a 17",3971...

vertical\_deflection\_ns -2.5038363+00 equivale a -2".5038...

### Conclusiones

Sin ninguna duda se puede asumir que las diferencias entre nivelaciones geométricas versus diferencias de cotas geodésicas para un mismo tramo es en gran parte consecuencia de la influencia de la deflexión de la vertical. Es tan así que, a partir del análisis de estas diferencias se puede conocer la componente de la deflexión en una dirección con muy buena aproximación.

La posibilidad de conocer las componentes de la deflexión en dos direcciones que arrancan de un mismo punto, permite calcular las componentes horizontales de la deflexión de la vertical en ese punto.

Comprender la deflexión de la vertical y conocer su comportamiento en un punto permite al usuario de GNSS estimar con muy buen grado de aproximación cual sería el desnivel geométrico a partir del conocimiento de las



cotas geodésicas de los puntos involucrados en la dirección correspondiente.

Cuando el trabajo lo amerite, se sugiere tener conocimiento de los valores de deflexión de la vertical en la zona, y se propone como una alternativa rápida de su medición realizar lo sugerido en este trabajo, medición GNSS de los puntos extremos y nivelación geométrica, acotado a tan solo 1 o 2 km. Desde luego la posibilidad de medir en más direcciones permitirá una solución por mínimos cuadrados dada la superabundancia de ecuaciones que se generarían, que sin dudas sería superadora... “una configuración radial de líneas base para determinar los mejores valores de  $(\eta, \varepsilon)$  en la estación central (T. Soler et al., 1989)

Se concluye que este aporte es de relevante importancia en zonas donde los valores de deflexión de la vertical son altos y cambiantes por la topografía del lugar y en donde los modelos pierden precisión por falta de información.

### **Agradecimientos**

Al Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas y de Creación Artística (CICITCA) y a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNSJ.

Al Departamento de Ingeniería en Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ.

A la Comisión Organizadora de ENIA 2024 y colaboradores involucrados. A la Asociación de Agrimensores de la Provincia de San Juan.

### **Referencias-Bibliografía-Webgrafía**

Poblete L.V. y Abihaggle G.M. 2017. Determinación de la deflexión de la vertical: Método Geodésico-Topográfico. Departamento de Ing. en Agrimensura. FI-UNSJ

Soler T., Carlson Jr A.E. y Evans A.G. 1989. Determination of vertical deflections using the Global Positioning System and geodetic leveling

[icgem.gfz-potsdam.de/home](http://icgem.gfz-potsdam.de/home) - International Centre for Global Earth Models (ICGEM)



## Análisis de la calidad posicional de productos fotogramétricos obtenidos mediante el empleo de VANTs con tecnología RTK

F.N. Lloveras Kümmel<sup>1</sup>, L.M. Guirado Guzzo<sup>1</sup>, J.M. Munizaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería en Agrimensura.

\* [franlloveras@gmail.com](mailto:franlloveras@gmail.com), \* [ingmunizagajulieta@gmail.com](mailto:ingmunizagajulieta@gmail.com)

### Resumen

Este trabajo final parte de considerar la reciente evolución y desarrollo que ha experimentado la fotogrametría en los últimos años con el avènement de los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANTs), los cuales han acrecentado y expandido aún más el horizonte de posibilidades de dicha ciencia, como así también, permitido el acceso y alcance a muchos más usuarios. En este sentido vemos la reciente incorporación de receptores GNSS RTK a las plataformas aéreas, lo que, según algunos autores, reemplaza la colocación de puntos de apoyos fotogramétricos. Es a partir de ello que surge la inquietud de estudiar las bondades de estos nuevos equipos que son cada vez más utilizados de forma cotidiana por profesionales de la agrimensura y geodesia; para así conocer el grado de precisión y exactitud alcanzable, tendientes a lograr un uso consciente de los mismos.

El trabajo se propone entonces, analizar la calidad posicional de los productos obtenidos (ortomosaicos y MDTs) a partir de un vuelo realizado con un VANT con tecnología RTK, mediante su comparación con fuentes de mayor precisión (relevamientos GNSS) y con los correspondientes productos obtenidos a partir del uso de un VANT estándar, o sea, sin tecnología RTK y el empleo de Puntos de Apoyo Fotogramétricos (PAFs).

Para ello se realizaron dos vuelos: uno con un VANT Phantom 4 Pro V 2.0 y otro con un VANT Phantom 4 Pro RTK, ambos en la provincia de San Juan, departamento Albardón, localidad de La Laja. Luego se realizaron una serie de nueve procesamientos donde se fueron intercambiando cantidades y distribuciones de PAFs para la obtención de cada producto fotogramétrico estudiado. Finalmente, se llevó adelante una comparación general entre los distintos casos estudiados para obtener conclusiones generales sobre los resultados y con ello evaluar la necesidad de empleo de puntos de apoyo fotogramétricos a la hora de trabajar con este tipo de tecnologías.

**Palabras Clave:** VANTs; RTK; MDTs; Ortomosaicos.

### Introducción

Con el surgimiento y la evolución de la fotogrametría digital a partir de la aparición de vehículos aéreos no tripulados, se han implementado nuevas tecnologías las cuales son el motivo de estudio y análisis de este trabajo final. Las mismas poseen como cualidad una relación costo/prestación muy potente para algunos trabajos que requieren relevamientos de grandes extensiones de



terreno o en aquellos en los cuales el acceso al área de trabajo es dificultoso para otros métodos clásicos de medición, permitiendo una significativa reducción de los tiempos en campo, esfuerzos y dinero.

Como contrapartida dicha reducción de costos, junto con el advenimiento de potentes programas de procesamiento, hace que resulte sencillo para el usuario obtener resultados visualmente atractivos con muy poco conocimiento y estudio previo. Esto ocasiona que muchos de ellos incursionen y hagan uso de esta tecnología sin ningún tipo de fundamento técnico, generando productos de dudosa calidad métrica e impactando negativamente en los resultados buscados, con las consecuencias que ello conlleva dentro de distintos ámbitos y áreas de aplicación.

A lo mencionado podemos agregar la reciente incorporación de receptores GNSS RTK a las plataformas aéreas, lo que, según algunas fuentes, reemplaza la colocación de puntos de apoyos fotogramétricos, lo cual genera cierta incertidumbre con respecto a la precisión de los resultados obtenidos.

Por lo expresado anteriormente, nuestro principal objetivo consiste en realizar un análisis exhaustivo y comparación de las precisiones alcanzadas con las tecnologías mencionadas, para así aportar la confiabilidad correspondiente y conocer sus limitaciones.

### **Materiales y métodos**

Para llevar a cabo nuestro trabajo nos basamos en el proceso fotogramétrico, el cual involucra tres aspectos, terrestre, aéreo y de gabinete. Partiendo por el aspecto aéreo, una de las etapas fundamentales es la planificación de nuestras campañas, para ello elegimos como área de vuelo un polígono de 20 ha dentro del cual determinamos la cantidad, ubicación y distribución de los Puntos de Apoyo Fotogramétricos (PAFs) y de los Puntos de Control (PC). Fijando 8 puntos para cada uno de estos, distribuidos uniformemente sobre el polígono.

Asimismo, respecto al instrumental utilizado para los vuelos fotogramétricos se utilizaron dos VANTs, el Phantom 4 Pro V 2.0 y el Phantom 4 Pro RTK. Mientras que para el relevamiento planialtimétrico se utilizó un receptor GNSS Topcon GR-3.

Previo a la ejecución de los vuelos, realizamos la técnica de medición GNSS Estático, para darle coordenadas precisas al punto sobre el cual nos apoyaríamos al momento de realizar la técnica RTK para la medición de PAFs y PC.

Para la realización de la campaña, la dividimos en 3 etapas, la primera constó en la colocación y relevamiento de los PAFs y de PC, la segunda en la ejecución del vuelo con el VANT Phantom 4 Pro V 2.0 (VANT Estándar) y en tercer lugar la ejecución del vuelo con el VANT Phantom 4 Pro RTK. Posteriormente ya en gabinete, realizamos un total de 9 procesamientos.

Nos planteamos como método de trabajo, comenzar por el procesamiento del vuelo con el VANT estándar, lo cual tuvo como objeto obtener productos fotogramétricos (ortomosaico y MDT) óptimos de referencia que permitieran el contraste posterior con los productos generados a partir del vuelo realizado con el VANT con tecnología RTK. Luego continuamos con los procesamientos del

vuelo hecho con este último, donde fuimos incorporando PAFs de forma progresiva, como así también, variando la distribución de los mismos para posteriormente analizar y comparar de forma conjunta los resultados obtenidos.

Una vez generado todos los productos de interés, se compararon las coordenadas cartográficas (X, Y, h) de los PC y PAFs extraídas de los mismos, con las coordenadas obtenidas mediante el relevamiento con la técnica RTK.

### Resultados y discusión

Para una mejor visualización de los resultados, los mismos se volcaron en una tabla y dos gráficos de barras.

Respecto a los resultados obtenidos a partir del procesamiento de las imágenes tomadas con el VANT estándar, podemos ver que el bloque generado es sólido y confiable, tanto planimétrica como altimétricamente.

Por otro lado, con relación a los resultados obtenidos del procesamiento de las imágenes capturadas con el VANT RTK, se pudo observar que los primeros modelos generados (procesando sin PAFs y con 1 PAF) fueron concisos, lo que evidenció en las magnitudes de las desviaciones estándar resultantes, pero trasladados (grandes magnitudes en los promedios). Al introducir dos PAFs los resultados en términos generales empeoraron, tanto en los promedios como en las desviaciones obtenidas. Luego, a partir de la incorporación de 3 PAFs vimos como las magnitudes generales de los valores se fueron reduciendo significativamente hasta alcanzar y superar ligeramente (con 8 PAFs) los obtenidos a partir del procesamiento de las imágenes del vuelo de referencia.



Figura 1. Promedios obtenidos para las variables  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  y  $\Delta h$  para cada uno de los modelos generados.



Figura 2. Desviaciones estándar obtenidas para las variables  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  y  $\Delta h$  para cada uno de los modelos generados.

Tabla 1. Desviaciones estándar obtenidas para las variables  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  y  $\Delta h$  para cada uno de los modelos generados.

ERRORES TOTALES (m)	MODELO VUELO ESTANDAR	MODELOS VUELO CON RTK								
		Sin PAFs	1 PAF	2 PAFs (sentido vertical)	2 PAFs (sentido vuelo)	3 PAFs	4 PAFs (centro)	4 PAFs (vértices)	8 PAFs	
Planimétrico (Ortomosaico)	0.020	0.599	0.601	0.715	0.717	0.035	0.023	0.022	0.016	
	0.026	0.448	0.451	0.307	0.308	0.134	0.070	0.110	0.017	



<b>DIFERENCIAS (m)</b>	<i>Planimétrico (Ortomosaico)</i>	0.579	0.580	0.694	0.696	0.014	0.003	0.002	-0.005
	<i>Altimétrico (MDT)</i>	0.422	0.425	0.281	0.282	0.108	0.044	0.084	-0.009

En la tabla se muestran las precisiones individuales de cada procesamiento, materializadas con los errores totales planimétricos y altimétricos (influenciados por la media y la desviación estándar), como así también la comparativa con el vuelo de referencia.

### Conclusiones

Finalizado el Trabajo Final, concluimos, de forma específica para el caso estudiado, que resulta necesario el empleo de PAFs a la hora de realizar vuelos fotogramétricos con VANTs RTK a los efectos de lograr una adecuada georreferenciación de los productos resultantes. Además, queda evidenciado que, en los relevamientos llevados a cabo con dichos equipos, no se reemplaza la colocación de PAFs tal como suele afirmarse a la hora de comercializarlos. A su vez, la colocación de mayor cantidad de puntos de apoyo, dentro de una cantidad límite de 8 como fue en nuestro caso, aumenta la precisión de los productos obtenidos y disminuye la incertidumbre.

### Agradecimientos

Agradecemos a la Dirección Provincial de Vialidad de San Juan y a la Universidad Nacional de San Juan (Depto. De Agrimensura), por la colaboración y predisposición.

### Referencias

CEFOCCA. 2020. Documento de cátedra. Proceso fotogramétrico. Universidad Nacional de San Juan.

Terluk, D. 2022. Sistema de posicionamiento global GPS. Apunte de cátedra. Universidad Nacional de San Juan.



## Análisis de Precisiones de las Técnicas de Medición GNSS: RTK y NTRIP

M. Montilla<sup>1\*</sup>, D. A. Terluk<sup>1\*\*</sup>, F. L. García<sup>1</sup>, G. J. Gómez<sup>1</sup>, J. E. Sánchez Ventrice<sup>1</sup>,  
R.M. Delgado Daneri<sup>1</sup>, J. A. Vázquez Trotteyn<sup>1</sup>, F. N. Lloveras Kümmel<sup>1</sup>, J. P. Olivera  
Pantuso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería, Departamento  
Agrimensura

\* montillamariano@gmail.com, \*\* darielkulret@gmail.com

### Resumen

En la actualidad, NO se concibe un relevamiento topográfico, geodésico, planimétrico y/o altimétrico, cualquiera sea su objeto, que no esté Georreferenciado. En tal sentido, en el ámbito del posicionamiento satelital GNSS, se han desarrollado equipos y aplicaciones que poco a poco están desplazando el uso de equipamientos tradicionales y muy propios del Agrimensor, como lo son, Teodolito, Cinta, Niveles o la Estación Total. Las últimas técnicas de medición GNSS desarrolladas son RTK (Real Time Kinematic) y NTRIP (Network Transportation of RTCM via Internet Protocol), cuyos usos, se han hecho un hábito en la comunidad de la agrimensura de nuestra provincia en los últimos dos años.

El objetivo general del presente proyecto es determinar precisiones reales en el posicionamiento de puntos tras el uso de las técnicas de medición GNSS RTK y NTRIP sometiendo mediciones de campo a distintos condicionantes. Para la concreción del mismo se diseñó y materializó una red de contraste de 20 puntos, que fue medida al modo estático para garantizar precisiones del orden de 1 cm y así poder comparar con coordenadas obtenidas en RTK y NTRIP para cada uno de los vértices de dicha red.

Durante el año 2023 y parte del 2024 se realizaron reiteradas campañas de medición bajo las modalidades de RTK y NTRIP, incluso se operó en bajo la influencia de tendido eléctrico de alta tensión y también con obstáculos en plena ciudad. Un minucioso análisis comparativo y estadístico de resultados para cada caso, junto a experiencias vividas, permiten y permitirán (pues aún no está terminado el proyecto) obtener conclusiones que, desde el punto de vista del equipo, se entiende que serán de utilidad a la comunidad de la agrimensura.

**Palabras Clave:** Precisión; Medición; RTK; NTRIP.

### Introducción

Sin dudas, el uso de las técnicas de medición RTK y NTRIP se han popularizado fundamentalmente por la precisión y celeridad de respuesta para los distintos trabajos de la Agrimensura.



Un interrogante decisivo sería ¿a qué distintos trabajos se hace referencia? La respuesta está dada en una característica intrínseca a los servicios de Agrimensura y que es la “precisión que requiere el trabajo”. No es lo mismo un relevamiento cuyo objeto es la georreferenciación de un pozo de agua, una mensura rural, auscultación de diques o levantamiento de mejoras para fines catastrales.

Tener la certeza, o al menos una aproximación de la precisión y exactitud que brindan RTK y/o NTRIP, y contar además con algunas sugerencias, permitirá un uso adecuado de estas técnicas, ni desmedido, ni erróneo.

La propuesta es repetir mediciones en distintas épocas del año sobre puntos existentes o materializados a tal fin, que permitieran hacer consideraciones respecto a distancia Base-Rover a cielo limpio, respecto a la influencia de tendido eléctrico y finalmente respecto a la influencia de obstáculos.

Siempre primó trabajar en campaña como lo haría un colega normalmente en sus relevamientos (no centración forzosa, por ejemplo)

### **Materiales y métodos**

El departamento de Ingeniería en Agrimensura de San Juan cuenta con un receptor multiconstelación de ventajosas características, respecto de las cuales interesa, primeramente, hacer mención a la precisión en el posicionamiento, que a continuación se plasma según la técnica de observación:

Posicionamiento Estático Horizontal .....	$\pm 2,5 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm}$
Posicionamiento Estático Vertical .....	$\pm 5 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm}$
Posicionamiento RTK y RTK de Red Horizontal .....	$\pm 8 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm}$
Posicionamiento RTK y RTK de Red Vertical .....	$\pm 15 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm}$

Y a partir de ahora se proponen cuatro subtítulos

#### ***Influencia de la distancia a la base para RTK***

Se inicia el trabajo realizando el diseño, materialización, medición al modo estático, cálculo y ajuste de una red que serviría de contraste para el análisis de precisiones RTK, generando así una red de 19 puntos, todos de fácil y rápido acceso, con cielo absolutamente limpio, libre de obstáculos en el horizonte y que permita medir distintas distancias con RTK.

Materializada la red y ya contando con las coordenadas del punto A000 que haría de base para la técnica RT K, restaba solo salir a medir. Al momento se realizaron doce mediciones de cada punto a razón de dos diarias separadas por un intervalo mayor de una hora.



### ***Influencia de la distancia a la base para NTRIP***

Todas las campañas de RTK terminaban haciéndose varias lecturas con NTRIP de las coordenadas de la base, usando dos estaciones permanentes, Oafa y UNSJ, intercalando una y otra, que distan a 9 y 13 km respectivamente. Además, se han realizado dos mediciones sobre todos los puntos de la red de contraste medida con estático usando Oafa como base.

### ***Influencia de tendido eléctrico***

Se selecciona la ruta 12 entre Marquesado y Camping de Rivadavia que se desarrolla de Este a Oeste porque la misma está atravesada por dos líneas de tendido eléctrico que van de Norte a Sur, muy cercanas una de otra. La del Este se trata de una línea de alta tensión (LAT) cuatriterna de 132 KV, y la del Oeste resulta ser una línea de súper alta tensión (LSAT), diseñada para transmitir 500 KV (pero en la actualidad solo transmite 132 KV). La característica de la zona elegida es que se encuentra a cielo abierto y absolutamente limpia de obstáculos, salvo, la existencia del tendido eléctrico, en definitiva, una zona totalmente favorable para el análisis deseado.

La actividad, siguiendo el mismo lineamiento de lo explicado anteriormente, implicó la medición de una red de apoyo en estático de solo cuatro (4) puntos, y luego las mediciones en RTK y medición en NTRIP.

La red de apoyo se dispone de manera que los cuatro puntos tengan cielo limpio, que dos puntos estén de un lado del tendido eléctrico y los otros dos puntos del otro lado, resultando así un paralelogramo aproximadamente de 150 m x 500 m atravesado por ambas líneas.

Se realizan varias mediciones en RTK cambiando de base y se incluyen en el relevamiento dos puntos bajo las LAT. Se generó de este modo una muestra de 40 tomas para el análisis estadístico del posicionamiento RTK.

Se realiza una última medición con NTRIP sobre los seis puntos, que distan de la base Estación Permanente a unos 5 km.

### ***Influencia de obstáculos para RTK***

Para el análisis de la influencia de arboleda, construcciones, columnas, obstáculos en general, haciendo base en el departamento de Agrimensura, se relevaron con RTK once (11) puntos del entorno, haciendo 8 observaciones en cada uno de ellos, alejándose de la base hasta unos 700 m. En particular, algunos de estos puntos estaban bastante comprometidos en cuanto a cielo, muy cerca al tronco de árboles, siempre a pocos metros de construcciones, o cercano a una columna de hormigón de gran porte entre otros.



### Resultados y discusión

#### Influencia de la distancia a la base para RTK

Para cada punto de la red principal, observados hasta 12 veces, a razón de dos veces por día, se generó una planilla de observación de coordenadas, que cuenta con el nombre del punto, las coordenadas de referencia (estático) y los días de observación. Recordar que se trata de 19 puntos a distintas distancias de la base, llegando a 6 km el más alejado. A modo de ejemplo se plasma la planilla del punto A100. Figura 1.

A100	6513996,873	2526922,009	803,219
06/07/23	6513996,876	2526922,001	803,241
	6513996,861	2526922,004	803,266
27/07/23	6513996,869	2526922,003	803,243
	6513996,886	2526922,009	803,237
17/08/23	6513996,880	2526922,030	803,284
	6513996,869	2526922,010	803,246
20/09/23	6513996,861	2526922,010	803,247
	6513996,860	2526922,024	803,242
24/05/24	6513996,867	2526922,003	803,263
	6513996,861	2526921,997	803,280
01/08/24	6513996,868	2526922,004	803,254
	6513996,876	2526921,998	803,244

Figura 1: Planilla de Observación de Coordenadas

Esta planilla de observación de coordenadas, tratada como una muestra poblacional permite obtener estadísticos tales como promedio, varianza (S<sup>2</sup>), desviación estándar (S), valor máximo, valor mínimo y rango, tanto de las observaciones como también de las diferencias respecto del valor de referencia. Además, se puede realizar la comparación de dos lecturas hechas el mismo día, con tomas distantes por un intervalo de aproximadamente una hora. Las reiteradas lecturas realizadas al momento no brindaron a “primera vista” los resultados esperados, detectando ocasionalmente para un mismo punto, incluso medido el mismo día, diferencias de coordenadas superiores a las esperadas. Esto despertó en el equipo conciencia sobre la existencia de errores groseros en las observaciones, y que más allá de la causa, estas observaciones existen. Cuando en cada punto se trabaja con todas las observaciones, se busca el valor más probable, se calculan los estadísticos y en caso de ser necesario se limpia la muestra de errores groseros, los resultados, aún para el caso de 6 km (máxima distancia base móvil) cuadran con las especificaciones. Dicho de otro modo, sería, la desviación estándar obtenida a partir de la muestra realizada en cada punto se corresponde con la desviación estándar especificada. Pero debe recordarse que la desviación estándar es una medida de la dispersión o concentración de las observaciones, de modo que, respecto de la media, tomar “1 ±Sigma” involucra solo al 68 % de las observaciones, tomar ±2 Sigmas respecto de la media incluye un 27% más; por lo que se considera que el rango (diferencia entre valor máximo y mínimo) toma un rol preponderante digno de considerar en el análisis.



**Influencia de la distancia a la base para NTRIP**

El hecho de que la técnica se independice del uso de la radio y deba conectarse la base a una EP, trae aparejado la posibilidad de poder hacerlo a EPs que se encuentren a grandes distancias, y consecuentemente el factor distancia en NTRIP toma relevante importancia. En ocasiones, la imposibilidad circunstancial de no poder conectarse a una EP cercana lleva al usuario a recurrir a EP distantes o muy distantes, capaces de fijar solución, pero resultando una coordenada muy imprecisa. Incluso, pasa que en un mismo trabajo se cambia de EP obteniendo distintas precisiones en distintos puntos. Las mediciones realizadas hasta el momento han permitido observar que, es difícil llegar a resultados próximos a las precisiones especificadas si se trabaja intercalando dos EP o manteniendo la EP y variando la distancia. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de los resultados obtenidos.

	Sx	Sy	Sh	Rx	Ry	Rh	P x	P y	P h
En A000 intercalando EP a 9 y 13 km n: 31 a 28	0,019	0,008	0,029	0,069	0,035	0,093			
Sobre red variando distancia de 9 a 15 km n: 34 a 27	0,020	0,025	0,052	0,070	0,095	0,211	0,004	0,004	-0,051
Sobre red a menos de 10 km n: 26 a 24	0,021	0,022	0,043	0,080	0,082	0,141	0,004	0,009	-0,063
En base intercalando EP a 2 y 53 km n: 17 a 11	La muestra queda saneada eliminando casi todas las observaciones de EP CSJ1 distante a 53 km								
Sobre un punto a 2 km n: 9	0,005	0,002	0,017	0,016	0,007	0,052			
Sobre un punto a 53 km n: 8 a 7	0,063	0,040	0,081	0,150	0,091	0,213			

En Tabla 1 se puede observar un resumen de los resultados obtenidos. En la misma S representa desviación estándar, R rango y P promedio de diferencias de coordenadas. También se hace referencia al tamaño de muestra original y el obtenido luego de sanear la muestra por Chauvenet.

**Influencia de tendido eléctrico para RTK y NTRIP**

Para este análisis habría que marcar dos situaciones, una para puntos que están separados de la línea, pero la disposición base rover implica que la señal la atraviese. Y la otra sería para el caso que los puntos estén estrictamente bajo la línea. El comportamiento y resultados de coordenadas y precisiones para el primer caso fue prácticamente como si no “hubiera” línea. Pero, para los puntos que se ubicaron bajo la línea se detectó en las cotas una desviación estándar del orden de ±3 cm y rango 9 cm.

**Influencia de obstáculos para RTK**

En esta prueba se dieron los más diversos resultados, no respondiendo a una lógica, o dicho de otro modo, respondiendo a un conjunto de complejas influencias imposibles de modelar. Podemos hablar de rangos de 2 m, de 7 cm o desviaciones estándar de 0,30 m o 0,70 cm o 1,00 m, se han dado caso de soluciones fijas que difiere en 4 m del promedio (en el mismo punto), o soluciones flotantes mejores que soluciones fijas.



## Conclusiones

### RTK

Si por ejemplo se comparasen precisiones esperadas (según especificaciones técnicas) para distancias de 200 m versus 6 km, se observaría que las diferencias, tanto en horizontal como en vertical, equivalen a 3 mm, por lo que, en términos generales, se podría asumir que en la práctica diaria de la Agrimensura la distancia no tiene una fuerte incidencia en un levantamiento RTK. Es como que esta diferencia de 3 mm queda absorbida o disimulada por el error de la técnica. De hecho, quedó demostrado, pues en algunos casos hubo mejores estadísticos a distancias largas que a distancias cortas.

Se observa que, para distancias que superan los 3 km, sin obstáculos y a cielo limpio, es un tanto más difícil que el receptor logre fijar solución, la palabra adecuada sería demoroso, pero a la larga es solo una cuestión de tiempo, no de precisión. En tal caso, cuando se espera el enlace de radios para que fije solución, es común que por impaciencia del operador se proceda a mover el rover en busca de señal, y cuando se fija solución dirigirse rápidamente al punto y guardar la coordenada antes que vuelva a solución sencilla o flotante. Esta práctica no es para nada recomendable, pues pese a guardarse una solución fija, existiría una especie de retardo y lo que en realidad se está guardando probablemente es un punto por el que se venía de regreso, cuya posición puede distar de la verdadera en varios cm, incluso m.

Ha habido observaciones que, para el mismo punto, incluso medidas el mismo día, las diferencias entre coordenadas resultan inexplicables, que superan ampliamente lo esperado, por lo que debe considerarse que, cada tanto hay una observación que se escapa de la normalidad, existe el error grosero. El problema está dado que en un relevamiento RTK común queda guardado como una observación mas entre otras, incluso con solución fija, **y si no se tiene comparación**, se toma como buena. Por tal razón se sugiere, si la precisión del trabajo lo amerita, se tenga la precaución de pasar al menos dos veces por cada punto. Es posible llegar a los estadísticos especificados, por ejemplo desviación estándar, haciendo varias observaciones en el mismo punto, limpiando la muestra si fuese necesario, pero esta no es una práctica común, pues no va de la mano con la ventaja que brinda la técnica que es la rapidez, por ello, se recomienda pasar **al menos** dos veces por cada punto.

Todo lo expresado al momento tiene que ver con tomas aisladas reiteradas veces sobre puntos de coordenadas desconocidas. Algunas situaciones cambian cuando se conocen las coordenadas de los puntos medidos, pues se pueden hacer estadísticos de las diferencias contra la coordenada patrón. La experiencia al respecto fue que aparecen algunas pocas más observaciones que deben considerarse con errores groseros, pero que si se limpian de la muestra se logran los estadísticos esperados.



En este caso, el promedio de las diferencias, que debería ser 0, pasa a jugar un rol preponderante, pues da una idea del sesgo o inexactitud de la muestra, pero también podría ser un indicador de la bondad o no de la referencia.

Tanto en mediciones en forma aislada como mediciones contrastadas resultó importante analizar el rango de las observaciones, o sea, la comparación entre las dos posiciones de máximo alejamiento entre ellas, que inesperadamente, en algunos casos, suele variar entre 3 y 6 cm (y a veces más) tanto en horizontal como en vertical aleatoriamente e independientemente de la distancia, y son diferencias que pueden no gustar aún estando dentro de las probabilidades de que ocurran, por lo cual se vuelve a concluir que puede ser riesgoso tomar solo una medida.

### *NTRIP*

Se concluye que la precisión de esta técnica es más baja que RTK, resultando muy difícil lograr las precisiones especificadas, incluso saneando la muestra. Pero claro, para limpiar la muestra hay que hacer varias tomas, y eso no es parte de la práctica común.

Se observa que la cota es la coordenada más afectada, mucho más que las coordenadas planimétricas, por lo que se recomienda no usar esta técnica cuando en un trabajo sea relevante el rol de los desniveles.

Se recomienda tener cuidado cuando se da con NTRIP coordenadas al punto que luego será base de RTK, pues el trabajo quedará posicionado en forma relativa con las precisiones de RTK, pero en forma absoluta todo el conjunto estará desmejorado por la precisión de NTRIP.

Si se usase esta técnica porque el trabajo lo permite, la sugerencia hecha en RTK en cuanto, “de ser posible pasar al menos dos veces por cada punto” y la de “no salir a buscar señal para fijar solución”, son totalmente válidas también en esta técnica, a lo que se le suma “vincularse siempre a la EP más cercana”.

Se sugiere que al configurar el formato de exportación se incluya las columnas correspondientes a estado (sencillo, fijo o flotante) y PDOP, lo que permitirá tener información valiosa al momento de la toma de decisiones.

Un factor que hasta el momento no ha sido explorado es la “edad” de la corrección, de la cual no se ha hecho ninguna consideración, pero desde luego que debe analizarse. Este comentario se hace a partir de experiencias y prueba aportada por un colega y docente que opera con la técnica. Sería recomendable hacer lecturas cuando la “edad” es corta, 1 o 2 s en lo posible.

### *Influencia del tendido eléctrico*

En el caso de RTK, las observaciones realizadas hasta el momento han permitido concluir que la existencia de tendido eléctrico no afecta la señal de radio cuando esta la atraviesa. Pero sí afecta directamente la señal Satélite-Receptor cuando el punto a levantar está directamente bajo la línea, deteriorando la precisión del posicionamiento altimétrico encontrando una desviación estándar en la cota de 3 cm y un rango de 8 o 9 cm.



La precisión de NTRIP enmascara la influencia que podría haber por el hecho que el punto se encuentre bajo la línea, de modo que puede considerarse nula su influencia para esta técnica.

#### *Con obstáculos*

Se recomienda tener muchísima precaución cuando existen obstáculos en el entorno cercano al punto a relevar, y más aún, se sugiere que estas técnicas no sean usadas cuando el levantamiento requiere de precisión.

En tal sentido se propone realizar el levantamiento del punto con otras estrategias de medición, por ejemplo, levantando puntos cercanos con cielo limpio que garantice coordenadas apropiadas y vincular de algún modo el punto a relevar con estos levantamientos.

#### *Compromiso a futuro*

Analizar influencia en la precisión de edad, factor kp e incorporación de IMU.

### **Agradecimientos**

Al Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas y de Creación Artística (CICITCA) y a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNSJ.

Al Departamento de Ingeniería en Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ.

A la Comisión Organizadora de ENIA 2024 y colaboradores involucrados. A los colegas que compartieron las experiencias de su labor diaria.

A la Asociación de Agrimensores de la Provincia de San Juan.

### **Referencias - Bibliografía**

M.F. Camisay, M.V. Makern y L. Di Marco, 2014. El Posicionamiento RTK-NTRIP y su vinculación con los Marcos de Referencia. Segundo Encuentro de Investigadores de la RADU.

## Aplicaciones Microgeodésicas para futura auscultación de la base del radiotelescopio “CART” en la Provincia de San Juan

R. A. Lagos <sup>1\*</sup> y B. Zaniquelli <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.*

\* [ruth.lagos@mi.unc.edu.ar](mailto:ruth.lagos@mi.unc.edu.ar)

### Resumen

El presente Trabajo Final consiste en el estudio, análisis y aplicación de la Microgeodesia enfocada en la auscultación planimétrica de la Base del Radiotelescopio “CART” (China Argentina Radio-Telescope). Se trata de un futuro instrumento que será instalado próximamente en la Estación Astronómica Carlos Ulrico Cesco (EACUC) del Observatorio Astronómico Félix Aguilar (OFA) en la Localidad de Barreal, provincia de San Juan.

El proyecto formará parte de una Red Global que tiene como principal objetivo materializar el Marco de Referencia Terrestre Internacional ITRF 2020. Por este motivo, es de vital importancia que el sitio sea monitoreado y auscultado con precisiones milimétricas y de esta manera, determinar con igual precisión las coordenadas del centro de la base “CART”.

El Trabajo Final desarrollado por las alumnas de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales aborda, en primera instancia, la medición de una red de puntos de apoyo sólidamente monumentados en el terreno, ubicados en un área de cobertura comprendida en un radio de 300 metros alrededor del lugar establecido para los cimientos del radiotelescopio. Además, el segundo objetivo, tan importante como el primero, consiste en monitorear los movimientos en planimetría y los asentamientos producidos en el tiempo.

En el desarrollo se detallan cada una de las tareas realizadas en el trabajo. Partiendo con el estudio y reconocimiento del terreno, seguido de un análisis de diversos diseños de redes para seleccionar el más adecuado para el sitio. Además, se lleva a cabo una evaluación del equipo para garantizar la precisión requerida. Se explica de manera detallada la metodología empleada para la medición planimétrica y GNSS de las redes diseñadas. Finalmente, con los resultados obtenidos, se realiza el procesamiento de datos, junto con el ajuste y la compensación de las redes.

En base a esto, se analizan y describen aquellas situaciones imprevistas presentadas durante el trabajo y se realizan propuestas a tener en cuenta para aquellas labores a futuro logrando de esta manera, la correcta operatividad del Proyecto “CART”. Por último, se exponen los resultados obtenidos de los procesamientos y se elaboran una serie de conclusiones de gran relevancia a tener en cuenta en base a las experiencias adquiridas.

Simultáneamente, este trabajo pretende dar a conocer y demostrar la enorme relevancia que posee el Agrimensor con su participación en la industria, aplicando para este caso, la tarea de preparación previa a la instalación del radiotelescopio “CART”. Se espera que este estudio pueda servir como una herramienta de difusión académica y como base para futuros profesionales que se enfrenten a desafíos similares y profundicen en ellos.

## Introducción

A lo largo de los tiempos la agrimensura estuvo estrechamente relacionada con el avance de la tecnología, especialmente con el uso de Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS). Los observatorios astronómicos utilizan estos sistemas para orientar sus telescopios y estudiar objetos celestes, obteniendo coordenadas precisas en la esfera celeste. En Argentina, instituciones como el Observatorio Astronómico Félix Aguilar (OFA) en la provincia de San Juan, se dedican a la observación, investigación y divulgación astronómica.

Desde 1990, OFA ha establecido convenios con los Observatorios Astronómicos Nacionales de China (NAOC), con el objetivo de incorporar a la provincia nuevos y modernos telescopios e instrumentos de origen chino, lo que ha permitido ampliar el campo de investigación hacia la Geodesia Espacial. De esta manera, el último convenio prevé la puesta en funcionamiento del radiotelescopio “CART” en la Estación Astronómica Carlos Ulrico Cesco, que, junto con las técnicas geodésicas espaciales existentes en el sitio (GNSS, DORIS, SRL), implementará la Interferometría de Línea de Base Muy Larga (VLBI). Actualmente, se encuentra en la etapa del montaje de la antena.

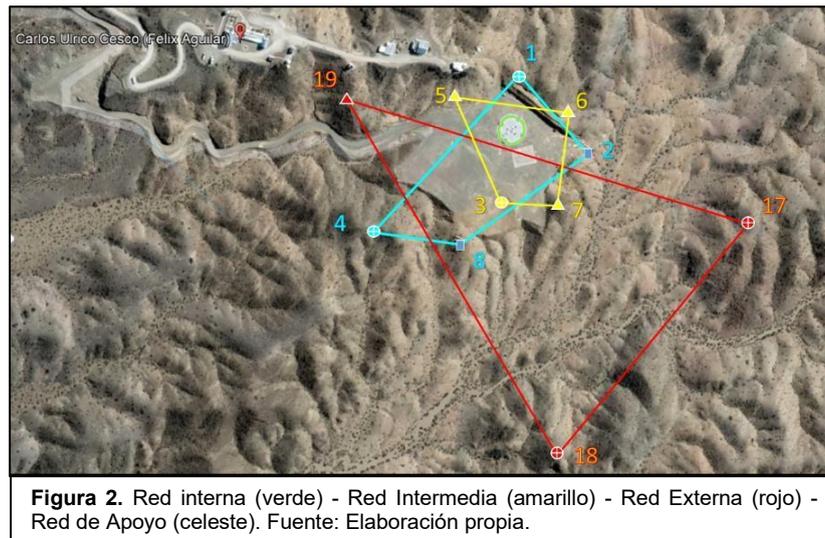


Figura 1. Piedra fundamental del CART.

El trabajo se enfoca en la medición de una red de puntos para monitorear el centro de la base de “CART” y controlar deformaciones en el terreno circundante, considerando que se trata de una estructura de hormigón y hierro de 40 m de diámetro, con un peso de aproximadamente 4.000 m<sup>3</sup>, ubicado en la zona de mayor actividad sísmica del país. Los resultados permitirán establecer parámetros y estrategias para futuros controles del equipo.

## Materiales y métodos

El desarrollo del práctico tuvo una duración de tres días de campaña. Se comenzó con un análisis y reconocimiento de la zona de estudio donde se encuentra la Base del Radiotelescopio “CART”. Se localizaron hechos existentes como insertos, pilares y masas de hormigón, mojones de hierro y madera. El trabajo fue realizado en base a 3 redes diseñadas y una red de apoyo.



El objetivo consiste en generar una conexión entre las redes para controlar posibles movimientos planimétricos de la base y determinar si, ante un movimiento sísmico, los puntos de la base se desplazan con la misma magnitud que los puntos de cada red.

Seleccionado el instrumental a utilizar y determinados los errores de colimación e índice. Se estacionó el equipo sobre el **Punto 8** de la Red de Apoyo (pilar de hormigón), se midieron un total de 13 puntos. La segunda estación se realizó sobre el **Punto 1** de la Red de Apoyo (mojón de madera), se tomaron lectura de un total de 11 puntos con sus respectivos rumbos y distancias. Se incluyó en el procedimiento, la estación de dos antenas GNSS con el objetivo de poder vincular la red medida al Sistema de Referencia Posgar 07, Faja 2, Argentina. La tercera estación se llevó a cabo sobre el **Punto 4** de la Red de Apoyo (mojón de hierro), con un total de 13 lecturas realizadas. Finalizada la medición, anotados los ángulos, distancias y alturas, se guardaron los equipos y se regresó a gabinete para analizar los resultados obtenidos.

## Resultados y discusión

En el gabinete, se realizaron las compensaciones correspondientes de ángulos y distancias medidas. Posteriormente, se procesaron los datos GNSS a través del programa Magnet Tools, donde se llevó a cabo el ajuste y compensación de redes GNSS.



Como resultado, se obtuvieron las coordenadas geográficas (longitud y latitud) y las coordenadas en el sistema Gauss-Krüger para los puntos GNSS. Seguidamente, se utilizó el programa Matlab, el cual permite combinar mediciones GNSS con datos de Estación Total a través de vectores espaciales, para realizar un correcto procesamiento y ajuste vinculado de redes geodésicas. Como resultado, se obtuvieron las coordenadas ajustadas de cada punto de la red, los errores estándar de dichas coordenadas y las respectivas elipses de error asociadas a cada uno de ellos.

Teniendo en cuenta que la tolerancia establecida para este trabajo fue de  $\pm 5$  a  $7$  mm en las coordenadas,  $\pm 6''$  para la medición angular y  $\pm 5$  mm para las distancias. Tras analizar los 48 ángulos y lados ajustados, los errores angulares oscilaron entre  $3''$  y  $5''$ , mientras que los errores en las distancias variaron de  $1$  a  $3$  mm. De esta manera, podemos afirmar que dichos valores se encuentran dentro de los límites establecidos, que las mediciones se mantienen inferiores a las tolerancias establecidas para el equipo de medición y que los resultados de las coordenadas de los puntos muestran precisiones por debajo de tal exactitud esperada para el diseño de la red.

Estos resultados aseguran la confiabilidad y exactitud necesaria para el trabajo, y actúan como un claro indicador de la calidad del proceso, garantizando la precisión y fiabilidad de las mediciones topográficas.

## Conclusiones

En primer lugar, es necesario destacar la importancia que conlleva el presente trabajo en el ámbito de la auscultación, ya que establece el inicio de futuras mediciones que deberán realizarse en periodos cortos de tiempo, no mayores a dos o tres meses, ya sea durante el proceso de montaje como después de la instalación. Esto es especialmente crítico, dado que el sitio se ubica en la zona de mayor actividad sísmica del país y que "CART" formará parte del nuevo Marco de Referencia Terrestre.

Red Microgeodésica de control: se sugiere que los puntos sean monumentados con pilares fundados en roca madre. En caso de usar trípodes, se debe extremar la precaución para minimizar errores causados por factores externos, como el viento o la manipulación incorrecta. Ambos casos evitarían los posibles errores accidentales.

Monitoreo Preciso: será fundamental construir elementos que aseguren la estabilidad de los puntos a monitorear, utilizando miniprismas que faciliten la medición precisa con una estación total calibrada. Se recomienda realizar mediciones simultáneas con dos estaciones para aumentar la confiabilidad de los datos.

Metodología de Medición: Se concluye que el procedimiento actual no es el más adecuado, sugiriendo un método de medición más confiable que permita tener un control y disminuya de forma rápida y eficiente cualquier tipo de errores, ya sean accidentales como propios del aparato.

**Amojonamiento de Puntos:** Se destaca la falta de información sobre la instalación de puntos ubicados en la base, sugiriendo la necesidad de un reconocimiento claro y un diseño robusto que evite desplazamientos.

**Auscultación Altimétrica:** Se enfatiza la importancia de realizar mediciones altimétricas paralelas para detectar deformaciones en la estructura, utilizando equipos de alta precisión.

**Impacto Futuro:** La finalización del proyecto “CART” no solo mejorará la precisión en la geodesia espacial, sino que también consolidará a San Juan como un polo destacado en el ámbito de la astronomía y tecnología satelital a nivel internacional.

Participar en este proyecto de gran relevancia para la microgeodesia ha sido una valiosa oportunidad, teniendo en cuenta la trascendental importancia de “CART” como el radiotelescopio más grande de América del Sur. Desde un ámbito personal, hemos obtenido una experiencia enriquecedora en este campo de la agrimensura, acompañadas por excelentes profesionales que han aportado su experiencia y pasión en cada momento. Nos sentimos realmente complacidas por haber compartido esta hermosa experiencia y haber podido desarrollar de forma emocionante nuestro Trabajo Final.

## **Agradecimientos**

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestras familias por su apoyo incondicional y cariño en todo este proceso aun cuando la distancia nos separaba. A nuestros profesores, Luis Bosch, Mario Piumetto y Santiago Masquijo y a la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC, por proporcionarnos las herramientas para nuestro crecimiento académico y personal. Un reconocimiento muy especial y desde el fondo del corazón al ingeniero Armando Del Bianco y al Dr. Hernán Alvis Rojas, quienes han sido guías excepcionales, brindándonos su apoyo y enseñanzas invaluable en todo momento. Agradecemos a la Estación Astronómica Carlos Ulrico Cesco y su equipo por permitirnos acceder a sus instalaciones y por su cálida hospitalidad en San Juan, lo que enriqueció nuestra experiencia que llevaremos siempre en nuestros corazones.

## **Referencias**

- Del Bianco, A. 2000. Apuntes de clases. Cátedra de Topometría y Microgeodesia.
- CART. Página oficial del proyecto. <http://cart.unsj.edu.ar/proyecto.php> FCFE y N.
- Notas de apoyo de clases teóricas y prácticas - Topografía 1. Universidad Nacional de Córdoba.
- FCFE y N. Cátedra de Geodesia II – Unidad 3: Sistemas de Referencias. Universidad Nacional de Córdoba.
- Cátedra de Topografía III. Facultad de Ingeniería UNICEN. Tema 11: Levantamientos y replanteos para obras y proyectos de ingeniería.
- Del Bianco, A. 1º Jornada Nacional de las Cátedras de Mediciones Especiales. Algunas miradas distintas sobre las Mediciones Especiales.
- Mangiaterra, A. Microgeodesia. Blogspot (diciembre, 2021).



## Resultados de modelos empíricos de LAT y HAT, para la región Patagónica e Islas Malvinas

M. F. de Azkue <sup>1\*</sup>, E.E. D'Onofrio <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Ministerio de Defensa, Servicio de Hidrografía Naval, Departamento Oceanografía*

<sup>2</sup> *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Agrimensura – Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas.*

\* [maria.azkue@defensa.gob.ar](mailto:maria.azkue@defensa.gob.ar)

### Resumen

Los datums de mareas son información clave y básica utilizada en los campos de la navegación, el diseño de estructuras costeras, la delimitación de fronteras marítimas y la alerta de inundaciones. La Organización Hidrográfica Internacional recomienda utilizar la marea astronómica más baja (LAT) y la marea astronómica más alta (HAT) como niveles de referencia de marea para la profundidad, la línea de costa y las distancias verticales en los campos de la hidrografía y la ingeniería costera. Su cálculo puede ser complejo porque varía tanto espacial como temporalmente. Por su parte, la precisión cada vez mayor del posicionamiento 3D con Sistemas Globales de Navegación por Satélite requiere que el datum esté referenciado al elipsoide WGS84. Los objetivos de este trabajo son calcular y desarrollar un modelo empírico para determinar las distancias entre el LAT y el elipsoide WGS84, y entre el HAT y el citado elipsoide, en la región Patagónica e Islas Malvinas. Para llevarlos a cabo se calculan el LAT y el HAT a partir de predicciones horarias de marea que abarcan un período de 30 años. Para ello se utilizan las constantes armónicas del modelo de marea FES2014c, en una grilla de  $1/16^\circ \times 1/16^\circ$ , que extiende los resultados hacia las costas. Para referirlos al elipsoide WGS84, se utilizan los resultados del modelo de nivel medio del mar MSS CLS22, interpolados a las localizaciones de la grilla del modelo de marea. En los resultados obtenidos es fácil observar la influencia de la batimetría en el cambio de forma de las isolíneas de LAT y de HAT, al referenciarlas al modelo MSS CLS22, tanto para la región Patagónica como para la de Malvinas. También es observable el punto anfidrómico al sur de la Isla Soledad donde los valores de LAT y HAT (sin referir al nivel medio) son los más cercanos a cero. Finalmente es interesante destacar que el patrón de líneas de LAT difiere con el de HAT en ambas regiones analizadas, y el amplio rango de datums hallados para la Patagonia, oscila entre 12m y 21m en el caso del HAT y entre 4.3m y 16m para el LAT, en ambos casos referidos al elipsoide. El producto final ha sido diseñado para aguas abiertas con alta precisión, y con una tolerancia de un error menor a 3cm en algunas áreas costeras de Bahía Grande y la costa de Islas Malvinas. Será útil tanto para el desarrollo de actividades marinas relevantes en la zona, como para aumentar la eficacia de los levantamientos hidrográficos, contribuyendo al mismo tiempo a una navegación más precisa en zonas críticas.

**Palabras Clave:** LAT; HAT; FES2014c; MSSCLS22.

### Introducción

Los datums de mareas son información clave y básica utilizada en los campos de la navegación, el diseño de estructuras costeras, la delimitación de fronteras marítimas y la alerta de inundaciones. La Organización Hidrográfica Internacional (OHI) recomienda utilizar la marea astronómica más baja (LAT, por sus siglas en inglés) y la



marea astronómica más alta (HAT, por sus siglas en inglés) como niveles de referencia de marea para la profundidad, la línea de costa y las distancias verticales en los campos de la hidrografía y la ingeniería costera. El LAT se define como el nivel de marea astronómica más bajo que puede predecirse en condiciones meteorológicas medias y en cualquier combinación de condiciones astronómicas. Análogamente el HAT se define como el nivel de marea más elevado que se espera bajo las condiciones astronómicas máximas, sin tener en cuenta factores meteorológicos. La OHI (2010) recomendó que el LAT se calculara para un período mínimo de 19 años utilizando constantes armónicas derivadas de un mínimo de observaciones de un año o mediante otros métodos probados que se sepa que dan resultados fiables. Sin embargo, algunos trabajos han demostrado que en algunas regiones la marea astronómica más baja se produce en periodos superiores a 19 años (Hansen et al., 2015). El cálculo de ambos datums puede ser complejo porque varían tanto espacial como temporalmente. Asimismo, la necesidad de disponer de constantes armónicas precisas en amplias regiones del océano y con una distribución espacial homogénea sólo se ha resuelto con la llegada de las observaciones satelitales. Por su parte, la precisión cada vez mayor del posicionamiento 3D con Sistemas Globales de Navegación por Satélite requiere que el datum esté referenciado al elipsoide WGS84. Los objetivos de este trabajo son calcular y desarrollar un modelo empírico para determinar las distancias entre la marea astronómica más baja y el elipsoide WGS84, y entre la marea astronómica más alta y el citado elipsoide, en la región Patagónica e Islas Malvinas. Este modelo se calcula utilizando superficies medias del nivel del mar obtenidas a partir de resultados del modelo MSS CNES CLS1522 (<https://www.aviso.altimetry.fr/es/data/products/auxiliary-products/mss/mss-description.html>), y las constantes armónicas del modelo global de marea FES2014c, que se utilizan para calcular el LAT y el HAT a partir de predicciones realizadas para un período de 30 años (Lopez, 2023).

### **Materiales y métodos**

El modelo de nivel medio del mar utilizado para referenciar los valores de LAT y HAT es el MSS\_CNES\_CLS2022, el cual es una versión actualizada del modelo MSS\_CNES\_CLS2015 y está basado en los datos altimétricos de un período de 29 años (1993-2021). En comparación con la versión anterior de 2015, esta nueva estimación se focaliza en una mejor representación de la variabilidad interanual y estacional de los océanos, en la mejora significativa para los océanos polares y en la mejora de las longitudes de onda más cortas de las partes estáticas del nivel medio. Esta versión, además, incluye nuevos conjuntos de datos de alta resolución de CryoSat-2 y AltiKa, filtrados a 5 Hz para obtener una mejor relación señal/ruido.

Para realizar las predicciones de marea astronómica necesarias para obtener los valores de LAT y HAT, se utilizan las constantes armónicas de 34 ondas componentes provistas por el modelo global de marea FES2014c correspondientes a puntos de grilla de 1/16° de resolución. Esta última versión del modelo FES, dada a conocer en octubre de 2020 (Lyard et al., 2020) extiende los resultados de las versiones anteriores hacia las costas. Por su parte, el modelo fue validado en 27 estaciones de la región Patagónica por de Azkue et al. (2024), obteniendo resultados correctos y precisos para todas las estaciones incluidas en el dominio de estudio de este trabajo.

Para el cálculo del LAT y el HAT, se decide utilizar 30 años de predicciones astronómicas horarias de mareas, dada la gran extensión de la zona de estudio y la falta de conocimientos precisos para cada lugar sobre la importancia de un ciclo nodal superior al metónico. Este periodo se elige arbitrariamente del 01/01/1990 hasta el 31/12/2019. Para calcular las predicciones se utiliza la ecuación 1 (Oreiro et al., 2014 y D'Onofrio et al., 2016).

$$h(t) = \sum_{j=1}^n H_j f_j \cos((V + u)_j - g_j) \quad \text{ecuación 1}$$

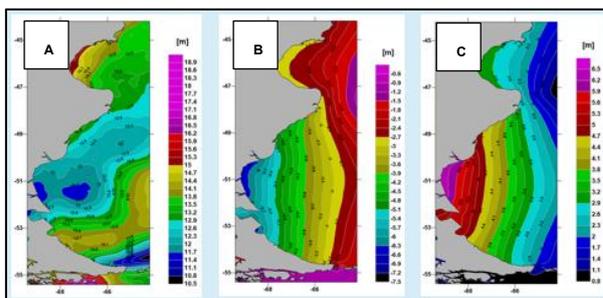
donde el subíndice j se refiere a cada componente de marea, t corresponde a la hora de cada observación, h es la altura observada, H es la amplitud de las componentes, f es el factor nodal, (V+u) es el argumento de equilibrio y g corresponde a la época modificada.

Para convertir las alturas del nivel medio referidas al elipsoide TOPEX en alturas referidas al elipsoide WGS84, se utiliza el programa «ICESat/GLAS and WGS-84 ellipsoid and geoid conversions» (Di Marzio, 2007).

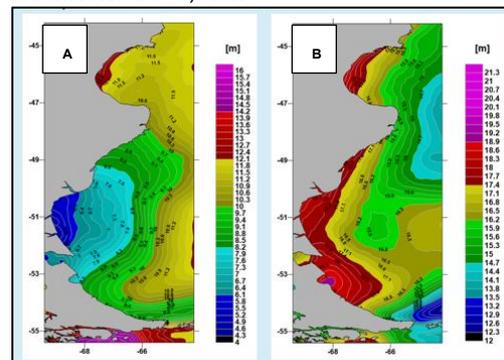
Una vez realizadas las predicciones, se calcula el LAT/HAT determinando la altura horaria más baja/alta y las dos alturas anterior y posterior para cada predicción. Se ajusta un spline cúbico a estas 5 alturas para determinar el punto más bajo/alto que representa el LAT/HAT. Para obtener los correspondientes datums referidos al elipsoide WGS84, el valor de LAT/HAT obtenido en cada posición se resta de cada valor del nivel medio del mar, ya referenciado a WGS84 e interpolado a la grilla del modelo de marea.

### Resultados y discusión

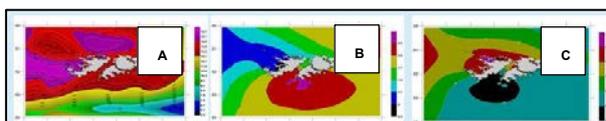
En la Figura 1A y 3A está representado el modelo de nivel medio MSSCLS22, referido al elipsoide WGS84 para la región de Patagonia y Malvinas, respectivamente. En las Figuras 1B y 1C están graficados los valores de LAT y HAT, respectivamente, calculados a partir de 30 años de predicciones de marea realizadas con las constantes del modelo FES2014c, para la región patagónica, mientras que los gráficos de las Figuras 3B y 3C representan los mismos valores, pero para la región de Malvinas. En las Figuras 2A y 2B/ 4A y 4B se grafican los resultados de los modelos de LAT y HAT, respectivamente, referidos al modelo de nivel medio MSSCLS22, referenciado al elipsoide WGS84 para la región de Patagonia/ Malvinas. Siguiendo las recomendaciones que la OHI enuncia para la elección del datum de las cartas, se determinaron curvas de igual valor con una equidistancia de 0,3m.



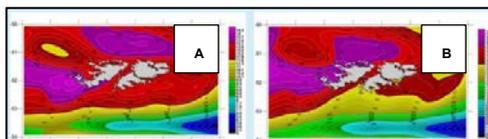
**Figura 1.- A)** Modelo de nivel medio MSSCLS22 referido al elipsoide WGS84. **B)** LAT calculado a partir de las constantes del modelo FES2014c. **C)** HAT calculado a partir de las constantes del modelo FES2014c



**Figura 2.- A)** LAT respecto del modelo MSSCLS22, referido al elipsoide WGS84. Isolíneas cada 0.3m. **B)** HAT respecto del modelo MSSCLS22, referido al elipsoide WGS84. Isolíneas cada 0.3m



**Figura 3.- A)** Modelo de nivel medio MSSCLS22 referido al elipsoide WGS84. **B)** LAT calculado a partir de las constantes del modelo FES2014c. **C)** HAT calculado a partir de las constantes del modelo FES2014c



**Figura 4.- A)** LAT respecto del modelo MSSCLS22, referido al elipsoide WGS84. Isolíneas cada 0.3m. **B)** HAT respecto del modelo MSSCLS22, referido al elipsoide WGS84. Isolíneas cada 0.3m



Es fácil observar la influencia de la batimetría en el cambio de forma de las isolíneas de LAT y de HAT, al referenciarlas al modelo MSS CLS22, tanto para la región Patagónica como para la de Malvinas. También es observable el punto anfidrómico al sur de la Isla Soledad donde los valores de LAT y HAT (sin referir al nivel medio) son los más cercanos a cero. Finalmente es interesante destacar que el patrón de líneas de LAT difiere con el de HAT en ambas regiones analizadas, y el amplio rango de datums hallados para la Patagonia, oscila entre 12m y 21m en el caso del HAT y entre 4.3m y 16m para el LAT (ambos datums referidos al elipsoide). El producto final ha sido diseñado para aguas abiertas con alta precisión, y con una tolerancia de un error menor a 3cm en algunas áreas costeras de Bahía Grande y la costa de Islas Malvinas. Respecto del modelo empírico de LAT desarrollado por de Azkue et al. (2021) se ha logrado ampliar el área involucrando regiones más cercanas a la costa y agregando la zona de Malvinas, gracias a la mayor precisión tanto del modelo de nivel medio como del de mareas, y de la utilización de una grilla más densa.

## Conclusiones

Los resultados aquí presentados serán útiles tanto para el desarrollo de actividades marinas relevantes en la zona, como para aumentar la eficacia de los levantamientos hidrográficos, contribuyendo al mismo tiempo a una navegación más precisa en zonas críticas. Dichos resultados no hubieran sido posibles sin el aporte de las misiones de altimetría satelital, tanto para el modelo de marea astronómica como para el de nivel medio, cuyo desarrollo se basa en dichas misiones.

## Referencias

D'Onofrio, E. E., Oreiro, F. A., Grismeyer, W. H. & Fiore, M. M. E. 2016. Predicciones precisas de marea astronómica calculadas a partir de altimetría satelital y observaciones costeras para la zona de Isla Grande de Tierra del Fuego, Islas de los Estados y Canal de Beagle. *GeoActa*, 40(2), 60-75.

de Azkue, M.F., D'Onofrio E.E. 2024. Validación del modelo FES2014c en las Costas Patagónicas mediante datos in situ de 27 estaciones mareográficas Libro de Trabajos Completos de las Jornadas de Geociencias para la Ingeniería, Volumen 2, Universidad de Buenos Aires, 25-32, <https://bibliotecadigital.fi.uba.ar/files/show/967>

de Azkue, M.F., D'Onofrio, E.E., Banegas, L. 2021. Development of an empirical chart datum model for a region of the Southwest Atlantic Ocean. *Ocean and Coastal Research*, v69:e21020, <http://doi.org/10.1590/2675-2824069.21-028mfda>

DI Marzio, J. P. 2007. GLAS/ICESat 500 m laser altimetry digital elevation model of Antarctica, Version 1. Appendix a: how does the Glas ellipsoid compare with WGS84 (by Terry Haran 20 May 2004). Colorado: NASA National Snow and Ice Data Center, DOI: <https://doi.org/10.5067/K2IMI0L24BRJ>

Hansen, J. M., Aagaard, T. & Kuijpers, A. 2015. Sea-level forcing by synchronization of 56- and 74-year oscillations with the Moon's nodal tide on the northwest European Shelf (eastern North Sea to central Baltic Sea). *Journal of Coastal Research*, 31(5), 1041-1056.

Lopez, M. I. 2023. Obtención de planos de reducción de sondajes en el Mar Argentino para cartas náuticas a partir de datos mareográficos y constantes armónicas del Centro de estudios Topográficos del Océano y la Hidrosfera (Tesina de Licenciatura en Cartografía). Escuela de Ciencias del Mar, Facultad de la Armada, Universidad de la Defensa Nacional, Buenos Aires. Disponible en: <https://cefadigital.edu.ar/handle/1847939/2447>.



Lyard F.H., Allain D.J., Cancet M., Carrère L., Picot N., 2020. FES2014 global ocean tides atlas: design and performances. *Ocean Sciences*, 17, 615–649.

OHI (Organización Hidrográfica Internacional). 1988. Especificaciones cartográficas de la OHI y reglamentos de la OHI para las cartas internacionales (INT) MP-004. Mónaco: Organización Hidrográfica Internacional.

Oreiro, F. A., D'Onofrio, E. E., Grismeyer, W. H., Fiore, M. M. E. & Saraceno, M. 2014. Tide model output comparison in the Northern region of the Antarctic Peninsula using satellite altimeters and tide gauges data. *Polar Science*, 8(1), 10-23.



## **Efectos por causas naturales sobre mediciones GNSS durante la tormenta magnética del 11 de mayo de 2024**

**Martina Caparrós Campanini<sup>1\*</sup>, Patricia Larocca<sup>1</sup> y María Alejandra Arecco<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas.*

<sup>2</sup> *Universidad de la Defensa Nacional, Facultad de la Armada, Escuela de Ciencias del Mar.*

\*[marticaparros@live.com](mailto:marticaparros@live.com)

### **Resumen**

La actividad solar tiene una gran influencia sobre la vida en la Tierra. Nuestro planeta posee su propio campo magnético que se ve afectado por el viento solar, por su densidad y por su velocidad. A medida que se desarrollan nuevas tecnologías que dependen en cierta medida de un comportamiento normal del campo magnético terrestre, cualquier perturbación del mismo ocasionará problemas para la utilización de las mismas. Aunque no es posible conocer cuándo ocurrirá una tormenta solar, se sabe que el Sol se encuentra en su máxima actividad entre 2024 y 2025.

Cuando una perturbación proveniente del Sol origina una tormenta geomagnética, diversos sistemas sufren las consecuencias. Entre ellos, el sistema global de navegación por satélite (GNSS). Las señales de este sistema deben atravesar la ionosfera, que se ve alterada en su cantidad total de electrones, por lo que la trayectoria de las señales puede ser muy distinta de la esperada.

En este trabajo se estudia el efecto de las perturbaciones geomagnéticas en las mediciones con GNSS, a partir de la comparación de las coordenadas resultantes de una medición diferencial, con las coordenadas “verdaderas” de un punto. Se realizaron procesamientos para días tranquilos y perturbados, tomando algunos vectores cortos y otros largos de la red RAMSAC, en distintas regiones de la República Argentina.

Se analizaron los desvíos en latitud, longitud y altura, se analizó sus desviaciones en el día de la tormenta respecto del día anterior para comparar.

Estudios de la ionosfera y del TEC o Conteo Total de Electrones reforzaron los resultados.

Los desvíos GNSS fueron más pronunciados el 11 de mayo y dependieron de la ubicación y orientación de los vectores. En particular, para la tormenta geomagnética del 11 de mayo se observa que en el norte de Argentina los desvíos son mayores que en el centro y el sur, lo cual podría deberse a la cercanía al ecuador magnético y a la influencia de las variaciones del campo magnético terrestre, que son más intensas de norte a sur en esta región durante el otoño en el hemisferio sur. Además, se destaca que los vectores con orientación norte-sur presentan mayores desvíos que aquellos con



orientación este-oeste, alineándose con la dirección de las perturbaciones magnéticas predominantes. Las desviaciones máximas se registraron en la componente de longitud, alcanzando hasta un metro en el norte, mientras que en altura y latitud los desvíos fueron menores, con máximos de 56 cm y 17 cm, respectivamente.

Dos días después de la tormenta, el 12 de mayo, los desvíos ocasionados por el evento geomagnético ya no son evidentes en la mayoría de los vectores, aunque algunos vectores con orientación norte-sur aún muestran variaciones, lo cual podría explicarse por una ionósfera que no se ha recuperado completamente, como sugiere la evolución del índice Dst, que no se normaliza hasta el 16 de mayo.

**Palabras Clave:** Tormentas geomagnéticas; perturbaciones; GNSS; ionosfera; Conteo Total de Electrones (TEC).

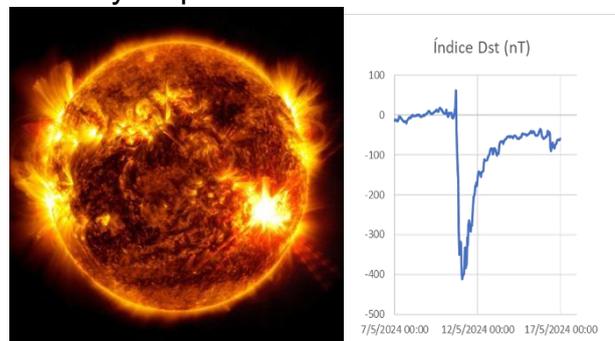
### Introducción

Las tormentas geomagnéticas afectan el campo magnético terrestre, alterando la ionosfera y generando consecuencias en los sistemas que dependen de señales electromagnéticas, como el Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) (Dubey et al., 2006; Paziewski et al. 2022). Durante estos eventos, los cambios en la densidad de electrones en la ionosfera modifican la propagación de las señales GNSS, lo que impacta en la precisión de las mediciones geodésicas y de posicionamiento.

Dado que el ciclo solar actual alcanza su máxima actividad entre 2024 y 2025, se espera un aumento en la frecuencia e intensidad de las tormentas geomagnéticas. En este contexto, el presente estudio analiza cómo se vieron afectadas las mediciones GNSS en Argentina debido a la erupción solar del 10 de mayo de 2024, la cual produjo una Tormenta Geomagnética de categoría 5.8 (Figura 1 y 2).

En el análisis se compararon los desvíos obtenidos en días tranquilos y perturbados, se evaluaron errores en latitud, longitud y altura mediante medición

diferencial y se estudiaron las variaciones en la ionosfera a través del Conteo Total de Electrones (TEC) (Nava et al., 2008) (disponible en:



**Figura 1.** Erupción solar de categoría X5.8, imagen captada por el Observatorio de Dinámica Solar (SDO) de la NASA. Alcanzó su máximo a las 9:23 p.m. hora del este el 10 de mayo de 2024. Se observa un subconjunto de luz en el extremo ultravioleta que resalta el material extremadamente caliente de las erupciones. Agrad. Laboratorio Argentino de Meteorología del espacio (LAMP) <https://www.iafe.uba.ar/u/lamp/>

**Figura 2.** Índice Dst para los días del 7 al 17 del mes de mayo del año 2024 <https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3.html>.

<https://t-ict4d.ictp.it/nequick2>).

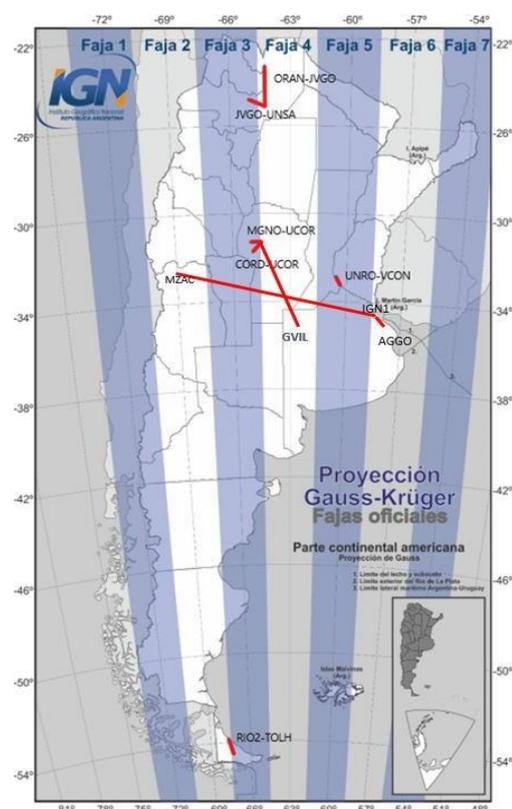
## Materiales y métodos

**Selección de Datos:** Se analizaron datos RINEX de la red RAMSAC en días con y sin tormentas geomagnéticas:

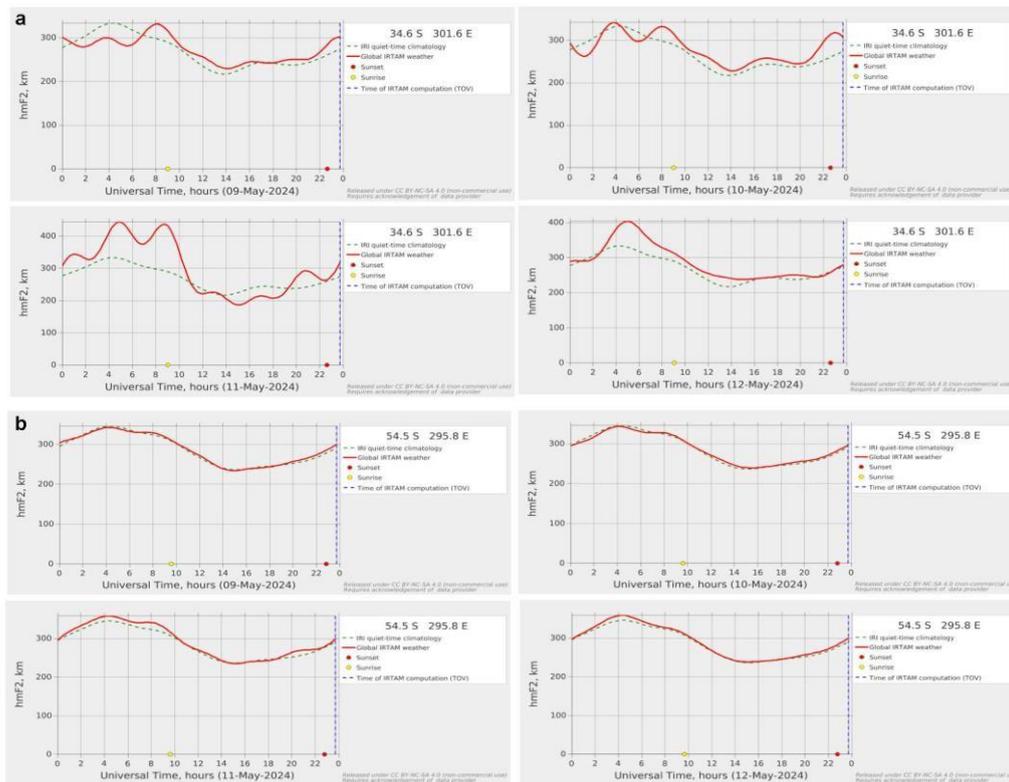
<https://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Ramsac/DescargaRinex>. Los días que se estudiaron fueron el 9, 10, 11 y 12 de mayo (Figura 3).

**Procesamiento de Datos:** Procesamientos de las señales GNSS utilizando software especializado, como TBC (Trimble Business Center) y CHC CGO2 (Software de Oficina de Geomática), evaluando la precisión en diferentes momentos del día y comparando días tranquilos y perturbados.

- I. **Análisis de Vectores:** Comparación y análisis de vectores con diferente orientación y en distintas regiones del país para estudiar cómo la precisión se ve afectada bajo condiciones geomagnéticas adversas. Estos vectores se encuentran formados por las siguientes estaciones permanentes de la red RAMSAC: ORAN-JVGO, JVGO-UNSA, MGNO-UCOR, JVGO-UNAS, UNRO-VCON, RIO2-TOLH, CORD-UCOR, AGGO-IGM1, IGN1-MZAC, RIO2-TOLH y CORD-GVIL (Figura 3).
- II. **Estudio del TEC (Total Electron Content):** Evaluación del Conteo Total de Electrones (TEC) en la ionosfera para comprender mejor las variaciones observadas en las mediciones GNSS. Análisis de la distribución en altura de la capa F2 de la ionósfera para los días de tormenta elegidos en las estaciones seleccionadas (Figura 4).



**Figura 3.** Ubicación de los vectores largos y cortos de la Red RAMSAC procesados los días 9, 10, 11 y 12 de mayo.

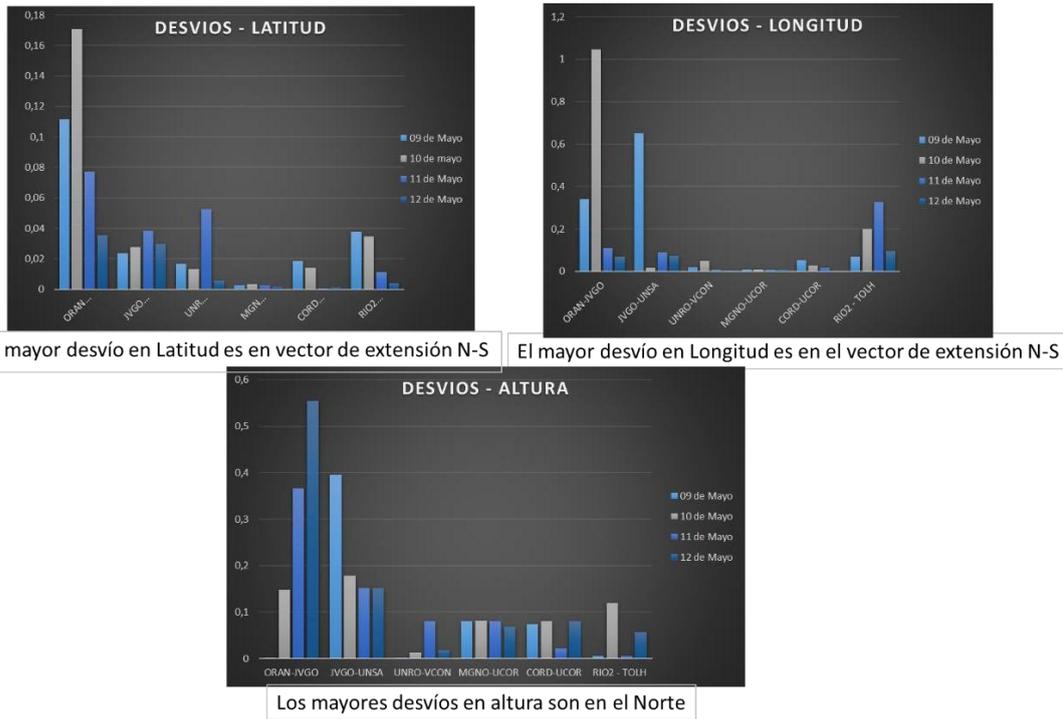


**Figura 4.** Distribución en altura de la capa F2 de la ionósfera para los días de tormenta en a) AGGO y b) TOLH.  
<http://spase.info/SMWG/Observatory/GIRO>

## Resultados y discusión

En cuanto al análisis realizado sobre la ionósfera se deduce que, la capa F2 tiene mayor altura en los equinoccios (marzo-septiembre), cerca del máximo solar las frecuencias de F2 tienden a aumentar (anomalía estacional, según Reinisch et al., 2011). A mediodía, la radiación solar golpea la atmósfera de forma oblicua con el incremento de la latitud, por lo tanto, la intensidad de la radiación decrece con el aumento de la latitud. La capa F2 tiene un máximo entre 15 y 20 de latitud tanto al sur como al norte del Ecuador (anomalía ecuatorial). A medianoche se presenta un pico mínimo en latitudes de más de 60. La ionósfera se torna un poco variable en las regiones polares por la entrada de energía del viento solar.

El centelleo ionosférico ocurre cercano a la caída del sol y afecta las señales GNSS, provocando pérdidas y errores debido a pequeñas heterogeneidades en la densidad de electrones. Este efecto no se resuelve con observaciones de doble frecuencia, pueden durar varias horas y en las regiones polares pueden ocurrir en cualquier momento.



**Figura 5.** Comparación de desvíos en latitud, longitud y altura para los distintos vectores observados según el día en que se practicó la observación.

De la comparación de las coordenadas resultantes de una medición diferencial con las coordenadas “verdaderas” de un punto (Figura 5), procesadas para días tranquilos y perturbados, tomando algunos vectores cortos y otros largos de la red RAMSAC, en distintas regiones de la República Argentina se obtuvieron los siguientes desvíos (Tablas 1 y 2):

RESUMEN DE DESVIOS								
VECTOR	EXTENSION	UBICACIÓN	09 de Mayo			10 de Mayo		
			LATITUD	LONGITUD	ALTURA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
ORAN-JVGO	N-S	Norte	0,1116	0,3417	0,0019	0,171	1,0476	0,1479
JVGO-UNSA	O-E	Norte	0,0234	0,6513	0,3956	0,0276	0,0171	0,179
UNRO-VCON	NO-SE	Centro Este	0,0165	0,0192	0,0002	0,0132	0,04935	0,013
MGNO-UCOR	O-E	Centro	0,0024	0,0081	0,081	0,0033	0,0069	0,082
CORD-UCOR	SO-NE	Centro	0,0186	0,0516	0,0743	0,0141	0,0273	0,0805
RIO2 - TOLH	N-S	SUR	0,03753	0,0696	0,0054	0,0348	0,1998	0,1196

**Tabla 1.** Resumen de desvíos en metros de los vectores procesados para los días 9 y 10 de mayo.

RESUMEN DE DESVIOS								
VECTOR	EXTENSION	UBICACIÓN	11 de Mayo			12 de Mayo		
			LATITUD	LONGITUD	ALTURA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
ORAN-JVGO	N-S	Norte	0,0771	0,1083	0,3668	0,0354	0,069	0,5549
JVGO-UNSA	O-E	Norte	0,0384	0,0897	0,1518	0,0297	0,0738	0,1518
UNRO-VCON	NO-SE	Centro Este	0,0525	0,0081	0,081	0,0054	0,0048	0,0174
MGNO-UCOR	O-E	Centro	0,0024	0,0081	0,081	0,0018	0,0075	0,068
CORD-UCOR	SO-NE	Centro	0,0006	0,0171	0,022	0,0015	0,0006	0,08
RIO2 - TOLH	N-S	SUR	0,0114	0,3267	0,0058	0,0042	0,0969	0,057

**Tabla 2.** Resumen de desvíos en metros de los vectores procesados para los días 11 y 12 de mayo.



## Conclusiones

Los desvíos provocados por la tormenta en los vectores procesados presentaron:

- Los desvíos fueron mayores en el norte del país debido a la cercanía al ecuador y la influencia estacional.
- Los desvíos son mayores cuando el vector tiene extensión de Norte a Sur y menores cuando tiene extensión Este Oeste.
- Los mayores desvíos se observan en la longitud, llegando a valores del metro en el norte. Los desvíos máximos referidos a la altura son de 56cm. Mientras que los desvíos de menor longitud se observan en la latitud (17cm).
- Para el 12 de mayo, dos días después de la tormenta, ya no se observan desvíos provocados por la tormenta.
- El vector JVGO-UNSA demuestra un mayor desvío el día previo a la tormenta.
- El 9 de mayo, día previo a la tormenta, no se observan desvíos de la altura para ningún vector procesado. Sin embargo, se observa que el 12 de mayo, dos días después de la tormenta, los vectores con orientación Norte Sur demuestran un desvío mayor que el día 11.
- A mediodía baja la altura de la capa f, principalmente en la zona de Ushuaia y en la tormenta más intensa.

Los resultados se pueden explicar a partir del concepto de *centelleo ionosférico*: La ionosfera ecuatorial y de baja latitud experimenta una inestabilidad muy severa en el plasma que contiene, especialmente durante la noche. Las fluctuaciones que las irregularidades de la ionosfera producen en las señales que viajan a través de ella, usualmente son denominadas “centelleo” por analogía con las fluctuaciones de la intensidad luminosa de las estrellas cuando son observadas a través de una atmósfera turbulenta. El centelleo ionosférico produce una degradación de las señales de radio que resulta muy perjudicial para el funcionamiento de los sistemas de comunicación satelital. Su severidad varía con la actividad solar, estación del año y actividad magnética, y es mucho más frecuente en épocas de alta actividad solar.

## Agradecimientos

A la Universidad de Buenos Aires, en especial a la Facultad de Ingeniería y al Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, por brindar el espacio, los recursos y el apoyo académico necesario para la realización de este trabajo.

Al Laboratorio Argentino de Meteorología del esPacio (LAMP).  
<http://spaceweather.at.fcen.uba.ar/2/lamp/>

## Referencias

Toso M.V., Larocca P.A., Silbergleit V.M., 2011. Efectos sobre mediciones GPS durante una tormenta magnética, *Ingenierare*, Vol. 25. Pag. 29-37.

Smita Dubey, Rashmi Wahi, A.K. Gwal, 2006. Ionospheric effects on GPS positioning, *Advances in Space Research*, Vol 38, Issue 11, Pages 2478-2484,



<https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.07.030>.

Nava, B., P. Coisson y SM Radicella (2008): Una nueva versión del modelo de densidad electrónica de la ionosfera NeQuick, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, <https://doi:10.1016/j.jastp.2008.01.015>.

Paziewski, J., Høeg, P., Sieradzki, R., Jin, Y., Jarmolowski, W., Hoque, M. M., ... & Orús-Pérez, R. (2022). The implications of ionospheric disturbances for precise GNSS positioning in Greenland. Journal of Space Weather and Space Climate, 12, 33.

Reinisch, B.W., Galkin, I.A. Global Ionospheric Radio Observatory (GIRO). Earth Planet Sp 63, 377–381 (2011). <https://doi.org/10.5047/eps.2011.03.001>.

## Modelado 2.5D con iTwin Capture de Bentley en la cátedra Fotogrametría Digital de la FIE-UNDEF

J. A. Ocaranza Genez <sup>1\*</sup>, A. D. Cubas <sup>1\*\*</sup>, S. Balbarani <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de la Defensa Nacional, Facultad de Ingeniería del Ejército, Laboratorio de Geociencias, Av. Cabildo 15, CABA, Argentina.

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Agrimensura, Av. Las Heras 2214, CABA, Argentina.

\*jocaranza@fie.undef.edu.ar, \*\*acubas@fie.undef.edu.ar

### Resumen

El modelado 2.5D forma parte del entrenamiento en la cátedra Fotogrametría Digital de la carrera Ingeniería en Agrimensura - Orientación Geográfica de la FIE-UNDEF. Dicha actividad ha sido implementada a través del software iTwin Capture Modeler con su complemento iTwin Capture Modeler Engine, una herramienta avanzada para la captura de imágenes y generación de modelos tridimensionales de la línea Bentley. Este tipo de modelado permite representar superficies en tres dimensiones con información adicional sobre la elevación, pero sin incluir datos de las partes no visibles del terreno, lo que lo diferencia del modelado completo en 3D.

El objetivo de este trabajo académico fue evaluar la efectividad del software iTwin Capture en la enseñanza de conceptos de Fotogrametría Digital en el ámbito universitario de la carrera Ingeniería Agrimensura. Se empleó una metodología de observación, procesamiento y análisis, a partir de la disponibilidad de imágenes aéreas capturadas por un vehículo aéreo no tripulado (VANT) de ala fija SenseFly eBee sobre una cantera ubicada en las inmediaciones de la ciudad de Eclépens, en Suiza. Se generó un modelo 2.5D a partir de un conjunto de 347 fotografías aéreas y se compararon los resultados en función de la calidad y precisión de los modelos obtenidos, ya sea del Modelo Digital de Superficie (DSM) y del modelo Ortomosaico. El procesamiento fotogramétrico fue realizado mediante una licencia educativa brindada por la empresa GENMAP.

Los resultados demostraron que el uso de iTwin Capture facilita el entendimiento del modelado digital del terreno, proporcionando una representación visual precisa y útil para el usuario. Además, se observó una mejora significativa en la capacidad de análisis y en la interpretación de datos topográficos. La herramienta resultó ser especialmente efectiva en ambientes complejos, donde las técnicas tradicionales de levantamiento topográfico podrían ser limitadas. En conclusión, el uso de iTwin Capture como recurso didáctico en la cátedra de Fotogrametría Digital no solo optimiza el aprendizaje práctico de los estudiantes, sino que también mejora su comprensión del modelado 2.5D en proyectos geoespaciales.

**Palabras Clave:** Modelado 2.5D; Fotogrametría Digital; VANT.



## Introducción

En el marco de nuestra formación como estudiantes de quinto año de la carrera de Ingeniería en Agrimensura en la Facultad de Ingeniería del Ejército (FIE) de la Universidad de la Defensa Nacional (UNDEF), hemos tenido la oportunidad de abordar el modelado digital del terreno a través de la Fotogrametría Digital, disciplina fundamental en la representación y análisis de superficies geoespaciales. El presente trabajo se enfoca en el uso del software iTwin Capture Modeler de Bentley en el contexto de la cátedra de Fotogrametría Digital, herramienta que permite la generación de modelos tridimensionales precisos, con especial énfasis en el modelado 2.5D.

El modelado 2.5D se caracteriza por la representación tridimensional de superficies con información detallada sobre la elevación, sin incluir elementos ocultos del terreno, lo que lo diferencia del modelado 3D completo. Este tipo de modelado tiene aplicaciones clave en proyectos de agrimensura y geociencias, permitiendo a los profesionales realizar análisis topográficos detallados y precisos, especialmente en áreas de difícil acceso. A lo largo de este resumen, analizaremos cómo el uso de esta tecnología ha contribuido a nuestra comprensión de los procesos fotogramétricos y su aplicabilidad en entornos complejos.

El objetivo del presente estudio es evaluar la eficacia de iTwin Capture como herramienta didáctica, considerando su impacto en el aprendizaje de conceptos avanzados de fotogrametría y modelado digital. A través del análisis de un conjunto de datos obtenidos mediante vuelos de vehículos aéreos no tripulados (VANT), buscamos destacar las ventajas de su implementación en el ámbito académico y profesional de la agrimensura.

## Materiales y métodos

El presente trabajo se desarrolló en el contexto de la cátedra Fotogrametría Digital de la carrera de Ingeniería en Agrimensura de la Universidad de la Defensa Nacional. El objetivo fue generar y analizar un modelo 2.5D de una superficie utilizando el software iTwin Capture Modeler de la empresa Bentley, enfocado en la enseñanza de los conceptos de fotogrametría y modelado digital. Para ello, se siguieron los siguientes pasos:

Adquisición de datos: Las imágenes aéreas fueron capturadas con un vehículo aéreo no tripulado (VANT) SenseFly eBee, un dron de ala fija ampliamente utilizado en levantamientos topográficos. Las imágenes se tomaron sobre una cantera ubicada en las cercanías de la ciudad de Eclépens, Suiza. En total, se utilizaron 347 fotografías aéreas para generar el modelo digital del terreno.

Software utilizado: Se empleó el software iTwin Capture Modeler junto con su complemento iTwin Capture Modeler Engine para el procesamiento de las imágenes y la creación de un modelo tridimensional de la superficie. Este software permite generar modelos 2.5D, lo que implica la representación del terreno con información de elevación, pero sin considerar los elementos ocultos

del mismo. Se utilizó una licencia educativa proporcionada por la empresa GENMAP.

Metodología de procesamiento: El proceso fotogramétrico consistió en la carga de las imágenes en el software, el cual se encargó de generar el Modelo Digital de Superficie (DSM) y el modelo ortomosaico. El DSM se utilizó para analizar la elevación y las características del terreno, mientras que el ortomosaico sirvió para evaluar la precisión de las imágenes procesadas.

Análisis de resultados: Los modelos generados se compararon en términos de calidad y precisión, considerando la cantidad de puntos capturados y la resolución espacial de los productos generados. El análisis se centró en evaluar la utilidad del software para mejorar la comprensión de los conceptos teóricos abordados en la cátedra de Fotogrametría Digital.

### Resultados y discusión

En el presente trabajo, se utilizaron los datos adquiridos mediante el uso de un vehículo aéreo no tripulado (VANT) SenseFly eBee para capturar imágenes aéreas de una cantera en las cercanías de Eclépens, Suiza. A partir de estas imágenes, se generaron un ortomosaico (Figura 1) y un Modelo Digital de Elevación (DEM) (Figura 2) utilizando el software iTwin Capture Modeler.

Ortomosaico: La Figura 1 muestra el ortomosaico generado a partir de un conjunto de 347 fotografías aéreas. Este modelo proporciona una representación precisa de la superficie terrestre, permitiendo la identificación visual de detalles clave del terreno, como los niveles de la cantera y las áreas circundantes.

Diagrama de flujo del proceso de fotogrametría: El flujo de trabajo seguido para la creación de los modelos 2.5D se muestra en la Figura 3. El proceso comenzó con la creación de un nuevo proyecto en el software iTwin Capture Modeler, seguido de la importación de las imágenes capturadas por el VANT. Luego, se llevaron a cabo las aerotriangulaciones iniciales, la adición de puntos de control (GCP) y una segunda aerotriangulación antes de proceder con la reconstrucción final del modelo. Este proceso asegura la precisión en la representación tridimensional del terreno.



Figura 1: Diagrama de flujo del proceso fotogramétrico.

El análisis de los resultados obtenidos a través del software iTwin Capture Modeler permitió evaluar la precisión y calidad del modelo generado. El ortomosaico resultante demostró ser una herramienta útil para la interpretación visual del terreno, mientras que el DEM proporcionó datos esenciales para el análisis topográfico detallado. La metodología aplicada fue efectiva, permitiendo obtener modelos de alta resolución que son de gran utilidad para el aprendizaje de los conceptos de fotogrametría digital en la carrera de Agrimensura.

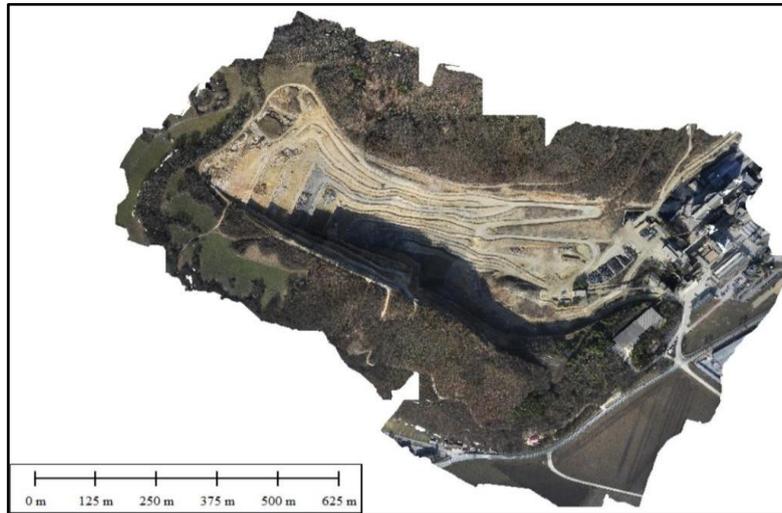


Figura 2: Ortomosaico generado de la cantera de Eclépens, Suiza.

Modelo Digital de Elevación (DEM): La Figura 3 muestra el DEM del área de estudio, con una codificación de colores que representa la elevación de la superficie. El análisis de este modelo digital permitió obtener información detallada sobre la topografía de la cantera, destacando los diferentes niveles y pendientes del terreno.

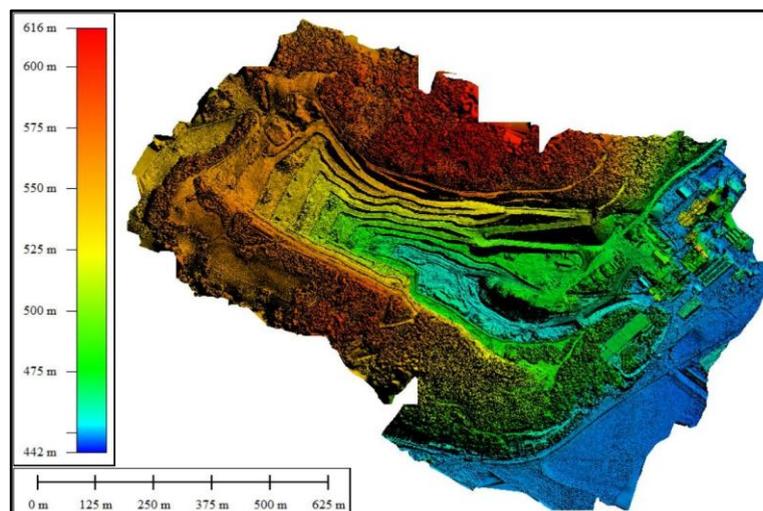


Figura 3: Modelo Digital de Elevación (DEM) de la cantera de Eclépens.



Las áreas de mayor elevación se presentan en colores cálidos (rojo, naranja), mientras que las zonas de menor elevación se representan en tonos fríos (verde, azul).

### Conclusiones

En este trabajo, se ha logrado evaluar y demostrar la efectividad del software iTwin Capture Modeler en el contexto académico de la cátedra de Fotogrametría Digital. Los resultados obtenidos a partir del ortomosaico y el Modelo Digital de Elevación (DEM) han mostrado una alta precisión y utilidad para la representación tridimensional del terreno en proyectos de agrimensura, facilitando la comprensión de los conceptos topográficos para los estudiantes.

El flujo de trabajo seguido, que incluyó desde la captura de imágenes aéreas hasta la generación de modelos 2.5D, fue eficaz y replicable, lo que evidencia el potencial del software como herramienta didáctica en entornos complejos. La integración de estos modelos en el proceso de enseñanza fomenta el desarrollo de competencias prácticas en el uso de tecnología geoespacial avanzada, mejorando la formación de futuros ingenieros agrimensores.

Es importante destacar que la implementación de estas tecnologías en la educación no solo optimiza el aprendizaje de los estudiantes, sino que también refuerza su capacidad para aplicar estos conocimientos en contextos profesionales. A partir de este análisis, se puede concluir que el uso de iTwin Capture en la enseñanza de Fotogrametría Digital aporta un valor significativo tanto en el ámbito académico como en el profesional, permitiendo una representación más precisa y eficiente del terreno.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de la Defensa Nacional y a la Facultad de Ingeniería del Ejército por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación. Asimismo, se extiende el agradecimiento a los docentes y estudiantes de la cátedra de Fotogrametría Digital por su participación activa en el proceso de modelado y análisis de los resultados. Finalmente, se reconoce a Bentley Systems por el acceso al software utilizado en esta experiencia académica.

### Referencias

Arranz Justel, J. J. (s.f.). Diseño, optimización y análisis de sistemas basados en técnicas fotogramétricas. Disponible en: [https://oa.upm.es/15056/1/JOSE\\_JUAN\\_ARRANZ\\_JUSTEL\\_B.pdf](https://oa.upm.es/15056/1/JOSE_JUAN_ARRANZ_JUSTEL_B.pdf)

Bentley Systems. (s.f.). iTwin Capture Modeler – 3D Reality Modeling Software. Disponible en: <https://www.bentley.com>

Bentley Systems. (s.f.). Manual de usuario de iTwin Capture Modeler. Disponible en la documentación oficial del software.

Bullinger, S., Bodensteiner, C. y Arens, M. (2020). A Photogrammetry-based Framework to Facilitate Image-based Modeling and Automatic Camera Tracking. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2012.01044>



Macías-Medrano, S. (2021). Fotogrametría Digital: reconstrucción de modelos 3D con Structure from Motion. Disponible en: <https://drones.unam.mx/file-download/download/public/216>

Sánchez Espeso, J. M. y Pereda García, R. (s.f.). Introducción a la Fotogrametría digital en Ingeniería Civil. Disponible en: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2494/course/section/2568/Fotogrametria.pdf>

Song, S. y Qin, R. (2023). Mesh Conflation of Oblique Photogrammetric Models using Virtual Cameras and Truncated Signed Distance Field. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2308.12139>



## **El objeto territorial legal: servidumbre administrativa de gasoducto su registración inmobiliaria**

**E. V. Melgarejo <sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> *Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura.*

\*[emelgarejo@exa.unne.edu.ar](mailto:emelgarejo@exa.unne.edu.ar)

### **Resumen**

Los objetos territoriales legales del Derecho Público, como ser las Servidumbres Administrativa de Gasoducto, tienen gran relevancia en el ordenamiento territorial y la seguridad jurídica. Particularmente en la Provincia de Corrientes, donde las obras gasíferas se iniciaron a partir del año 2001, se han encontrado bajo poca experiencia en la temática y con adhesiones parciales a la normativa nacional. En primera lugar, se realizó la recopilación y análisis de la normativa nacional y provincial vigente referente a las Servidumbres Administrativas de Gasoducto, el Catastro Territorial y el Registro de la Propiedad Inmueble. En segundo lugar, se describe principalmente lo aplicado en la jurisdicción de la Provincia de Corrientes referente a la obligatoriedad o no de la Anotación preventiva en los Registros públicos, evidenciando la importancia del Principio de Publicidad de los objetos territoriales legales que nacen del Derecho Público. Finalmente, se pretende formular pautas para la realización de la anotación preventiva y definitiva de las Servidumbres Administrativas de Gasoductos para garantizar la seguridad jurídica tanto para los propietarios de los terrenos afectados como para el titular de la Servidumbre, el Estado de la Provincia, que requiere el uso de estos espacios para su operación y mantenimiento.

**Palabras Clave:** Servidumbre Administrativa de Gasoducto, Derecho Público; Derecho Registral.

### **Introducción**

En el presente trabajo, tiene por objeto estudiar la legislación nacional y provincial del Objeto territorial Legal del Derecho Público, La Servidumbre Administrativa de Gasoducto, y su Registración Inmobiliaria. Describiendo principalmente lo aplicado en la jurisdicción de la Provincia de Corrientes respecto a la obligatoriedad o no de la Anotación preventiva en los Registros públicos. Teniendo presente que este objeto territorial legal no es la parcela, sino una limitación al dominio regida por el derecho administrativo, tal como lo expresa el Código Civil y Comercial de la Nación en su art. 1970, surge el interrogante sobre la Anotación o Inscripción en el Registro de la Propiedad Inmueble y en el Catastro Territorial para dar publicidad inmobiliaria, considerando la especie de esta limitación, la Servidumbre administrativa.



Finalmente, se pretende formular pautas para la realización de la anotación preventiva y definitiva de las Servidumbres Administrativas de Gasoductos para garantizar la seguridad jurídica tanto para los propietarios de los terrenos afectados como para el titular de la Servidumbre, el Estado de la Provincia, que requiere el uso de estos espacios para su operación y mantenimiento.

## Desarrollo

El enfoque metodológico utilizado es de cualitativo no experimental, exploratorio, descriptivo del objeto de estudio. En primera instancia se realizó la recopilación y análisis de Normativa Nacional y Provincial específica en la temática. Partiendo de la conceptualización de Objeto Territorial Legal (O.T.L), y las Servidumbres Administrativas de Gasoducto (S.A.G). Inicialmente debemos definir O.T.L, para ello se analiza la Ley Nacional n° 26.209/2007 del Catastro Territorial, donde expresa en su artículo primero, que “Los catastros de las provincias y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires son los organismos administradores de los datos correspondientes a objetos territoriales y registros públicos de los datos concernientes a objetos territoriales legales de derecho público y privado de su jurisdicción.” [2] Además, en 2016 el “Consejo Federal del Catastro por unanimidad de sus miembros también define a los objetos territoriales legales: Porción de espacio georeferenciable, de límites determinados y constituidos con relación a cosa inmueble por naturaleza o por accesión, de carácter jurídico.” [3]

Entonces, al encontrarse definido el O.T.L, ahora debemos definir Las Servidumbre Administrativas de Gasoductos, “es el derecho real administrativo, por el cual el propietario de una inmueble particular o del dominio privado del Estado Nacional, Provincial o Municipal, se ve obligado, conforme a lo establece la normativa de la Ley N° 24.076 y su reglamentación, a soportar en su propiedad el paso de un gasoducto o sus instalaciones complementarias, en virtud de la prestación del Servicio Público de Gas, y a respetar las restricciones al dominio que dichas instalaciones implican y que surgen de la reglamentación.” [4] Claramente, estamos frente a un objeto territorial legal del orden público, generado por las limitaciones a la propiedad privada en interés público, que son el conjunto de medidas jurídico-legales concebidas para que el derecho de propiedad individual armonice con los requerimientos del interés público o general, evitando, así, que el mantenimiento de aquel derecho se convierta en una traba para la satisfacción de los intereses del grupo social”. [5]

Por otra parte, el Derecho Registral es un conjunto de normas que regulan los órganos estatales encargados de la toma de razón, el procedimiento para llegar a ella, y los efectos que la misma produce. [6]. Como ser la Ley Nacional n° 17.801, donde consta en su Art. 2: “...para su publicidad, oponibilidad a terceros y demás previsiones de esta ley, en los mencionados registros se inscribirán o anotarán, según corresponda, los siguientes documentos: a) Los que constituyan, transmitan, declaren, modifiquen o extingan derechos reales sobre inmuebles; b) Los que dispongan embargos, inhibiciones y demás providencias cautelares; c) Los establecidos por otras leyes nacionales o provinciales.”[7]



Finalmente, respecto a la legislación provincial, existe el Decreto Ley 138/2001 la provincia se adhiere parcialmente a los términos de las Leyes Nacionales nros. 24.076 y 17.319. Cuya autoridad de Aplicación Provincial es la Secretaría de Energía, dispuesto así en la Ley Provincial n° n°6062/2011 de Hidrocarburos, donde en su art. 43: Son funciones de la autoridad de aplicación: ñ) Entender en el trámite para la constitución de servidumbres y promover medidas protectoras de los derechos de los superficiarios [8]. Concluyendo que, en ningún momento las normativas consultadas hacen mención a la figura de la Anotación preventiva, pero si la Definitiva, entendiendo que esta última ya es la instancia final de obra, ejecución de la registración del plano de Mensura de afectación y del Convenio de Constitución definitiva de la S.A.G, para su posterior Registración en el Registro de la Propiedad Inmueble; es necesario destacar, que estas obras de gran envergadura, pueden tener plazos de años e incluso sufrir paralizaciones, que no garantiza su finalización inmediata, por ello la figura de la anotación preventiva como mecanismo legal que permite la protección de derechos sobre inmuebles es fundamental para proteger los intereses ante terceros de los propietarios y titulares de derechos, garantizando así una mayor seguridad jurídica en las transacciones inmobiliarias.

## Resultados

Luego del análisis jurídico técnico de las limitaciones al dominio que generan los distintos tipos de afectaciones a las parcelas, por donde transcurre un gasoducto, se concluye en tres tipos de afectaciones: 1- Afectación Directa; 2- Afectación Indirecta; 3- Afectación Directa y Total. Tal como lo podemos notar en las figuras 1, 2 y 3. Todas ellas deben ser determinadas por los actos de levantamiento de mensura, tratándose de un derecho real de servidumbre administrativo de gasoducto, que está definido jurídicamente en la norma que le da origen de utilidad pública. Además, para garantizar el principio de publicidad registral, siendo “la actividad dirigida a hacer cognoscible una situación jurídica real, y que persigue como finalidad primordial la protección del crédito y la seguridad del tráfico jurídico”, se deben tomar realizar las acciones de Anotación Preventiva tal como lo permite la Ley Nac. N° 17.801, esta acción asegura que al momento de una modificación o transferencia del dominio Afectado, las partes intervinientes estén en pleno conocimiento de este objeto territorial legal, que en algunas ocasiones por la característica del trayecto del Ducto, no es notorio territorialmente. Por otra parte, luego de la Anotación Preventiva, sucederá la Inscripción definitiva de la misma, ya labrando el convenio de Constitución de Servidumbre Administrativa de Gasoducto, entre el Estado Provincial y el propietario afectado, bajo título suficiente.

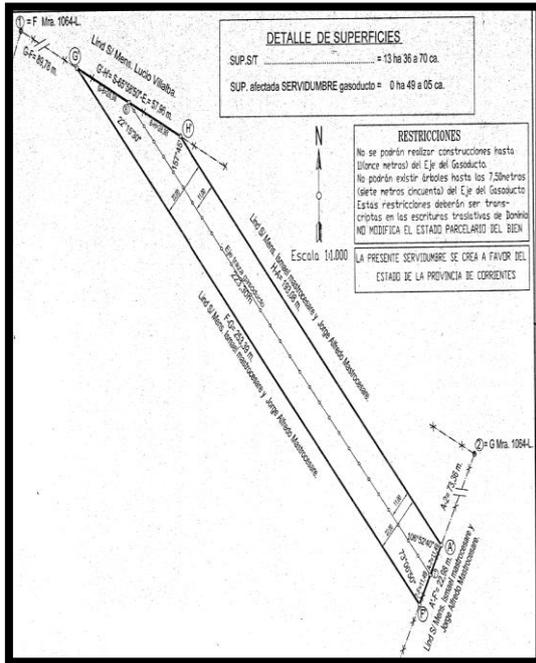


Figura 1. Afectación Directa (Fuente Dirección General de Catastro y Cartografía de Prov. Corrientes)

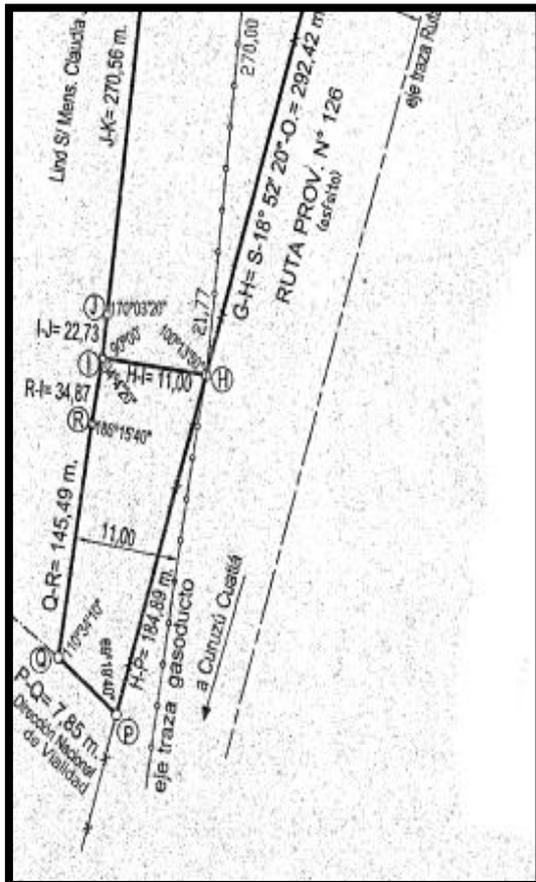


Figura 2. Afectación Indirecta (Fuente Dirección General de Catastro y Cartografía de Prov. Corrientes.)

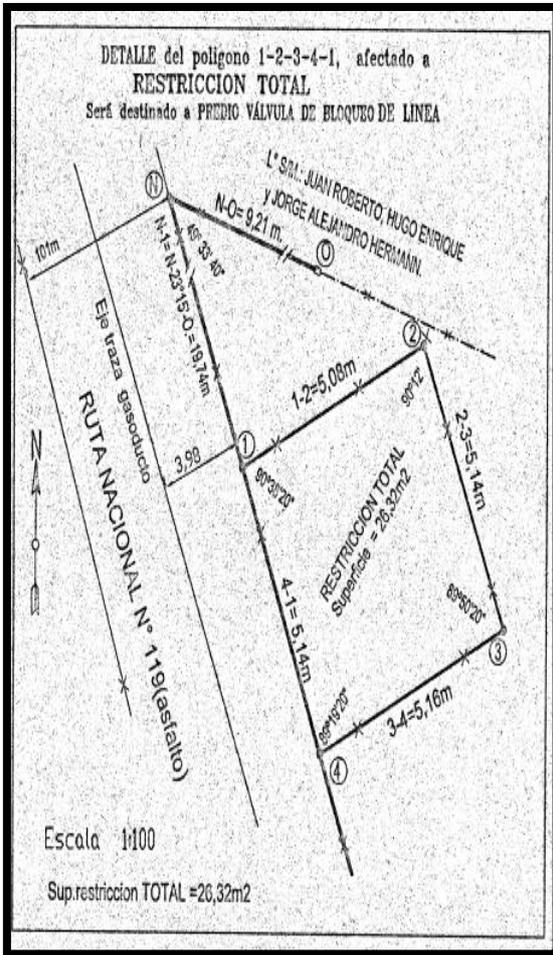


Figura 3. Afectación Directa y Total (Fuente Dirección General de Catastro y Cartografía de Prov.)

### Conclusión

Concluyendo del análisis integral de la Servidumbre Administrativa de Gasoducto (S.A.G), su normativa específica y aplicabilidad en el territorio de la Provincia de Corrientes, en conjunto con las normas registrales de los Registros Públicos, se observó que respecto a las disposiciones técnicas registrales del Registro de la Propiedad, y disposiciones Técnicas del Catastro Territorial, no se han dictado hasta el momento, no obstante la registración de las Mensuras de Afectación para Servidumbre Administrativa de Gasoducto existen a la fecha. De igual manera se evidencia la falta de normativa en el Registro de la Propiedad Inmueble, sin embargo, se evidencia que existen anotaciones preventivas de este Derecho real administrativo, a rogatoria de la autoridad de aplicación competente. Por lo tanto, se propone la formulación de pautas que sirvan de base para la correcta registración en los registros públicos, dando publicidad al objeto territorial legal administrativo, donde debe constar todos los elementos necesarios para la anotación preventiva: 1- Trayecto gráfico de toda la traza del Gasoducto, individualización catastral todas las parcelas afectadas, Planilla de todas las parcelas afectadas con información catastral y dominial, superficie



afectada y tipo de afectación según trazado del Gasoducto, Croquis de afectación o Mensura de Afectación a SAG e Informes de Dominios de las Parcelas Afectadas. Para la Inscripción definitiva, las documentaciones necesarias y suficientes serían el Plano de Mensura de Afectación a S.A.G y el convenio de constitución definitiva de S.A.G, labrado entre el propietario afectado a título suficiente y el Titular de la Servidumbre Administrativa de Gasoducto.

## Referencias

- [1] Código Civil y Comercial de la República Argentina (2015). Argentina (2015).
- [2] Ley Nacional de Catastro N° 26.209 – Rep. Argentina.
- [3] Consejo Federal de Catastro República Argentina (2016).
- [4] Resolución ENARGAS N° I/3562/2015. Reglamentación Integral de afectaciones al dominio derivadas de instalaciones gasíferas”.
- [5] Marienhoff, Miguel S. Tratado de derecho administrativo: tomo IV limitaciones a la propiedad privada en interés público. Policía. Poder de Policía. Responsabilidad del Estado-- 6 ed. act. -- Buenos Aires: Abeledo-Perrot, 1997.-889 p.
- [6] Dora Trapani de Espeche (1985). EL PRINCIPIO DE INSCRIPCION EN EL DERECHO REGISTRAL INMOBILIARIO. REVISTA NOTARIAL 1985-2 Nro.50.
- [7] Ley Nacional n°17.807. [8] Ley Provincia de Corrientes n° 6.062.

## La GEORREFERENCIACIÓN como herramienta social. El celular como el instrumento más difundido.

G.G. Noguera <sup>1\*</sup>, L. Cornaglia <sup>1</sup>, A. Mangiaterra <sup>2</sup> y P.J. Calvo <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura.

<sup>2</sup> Colegio de Profesionales de la Agrimensura de la Provincia de Santa Fe, Distrito Sur.

\*[noguera@fceia.unr.edu.ar](mailto:noguera@fceia.unr.edu.ar)

### Resumen

Acreditación de Proyectos PID-UNR 2024. Área: Facultad Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario.

“La GEORREFERENCIACIÓN como herramienta social. El celular como el instrumento más difundido”. Resumen del proyecto:

En el año 2005 dijimos que el posicionamiento satelital, rápidamente, se convertiría de cambio tecnológico en cambio cultural.

En este proyecto se abordan los problemas del uso práctico de la *Georreferenciación*, cuya calidad (en el más amplio sentido del término), está condicionada por los conocimientos que disponen los usuarios. La investigación pretende indagar el nivel de conocimientos necesarios y posibles por parte de los usuarios de acuerdo a diferentes técnicas y aplicaciones, como por ejemplo el uso de la *Georreferenciación* en mensuras, procurando el mejoramiento de la normativa existente en diversas jurisdicciones.

Estudiar también el campo de aplicación de la *Georreferenciación* orientándola a la actividad interdisciplinaria, con diversas profesiones.

También se plantea aportar a la enseñanza, práctica y difusión de tales conocimientos, estudiando el ámbito y las aplicaciones de uso más extendido de la *Georreferenciación*, promoviendo la formación y capacitación de los usuarios, reales y potenciales.

El cambio más importante que se ha dado en los últimos años es el uso extendido de celulares con equipamiento y software que permiten:

- Recibir y procesar señales satelitales calculando coordenadas geográficas.
- También obtener las coordenadas a partir de información brindada por el sistema de telefonía celular al que el aparato está suscripto.
- Disponer de cartografía en pantalla.

Lo notoriamente singular es que en el mundo hay 7700 millones líneas de móviles según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), agencia de la ONU especializada en tecnología de la información y la comunicación, es decir más líneas que habitantes (otras fuentes dan cifras mucho mayores).

Según los resultados finales del informe de Industrias TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación Argentina) 2022, el país cuenta con 59 millones de líneas de teléfonos móviles activas.

Pretendemos investigar en qué y en cuánto tal fenómeno se relaciona con la *Georreferenciación* entendida como parte de la cultura actual.

**Palabras Clave:** Posicionamiento satelital; Georreferenciación; Celular.

## Introducción

Determinar las coordenadas de cualquier punto sobre la superficie terrestre o por encima de ella, en un sistema de referencia mundial, es lo que denominamos *Georreferenciación*, y consiste en la identificación de todos los puntos del espacio (aéreos, marítimos o terrestres; naturales o culturales) mediante coordenadas referidas a un único sistema mundial.

Cuando se establece el posicionamiento respecto a un único sistema de referencia global, es posible la correlación de información proveniente de distintas fuentes y épocas, permitiendo así el desarrollo coherente, a modo de ejemplo, de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), de enorme potencialidad en el tratamiento de la información de todo tipo (física, económica, política, etc.) vinculada al espacio terrestre.

Desde finales de la década del 80 comenzó a funcionar el sistema satelital llamado Sistema de Posicionamiento Global, más conocido por su sigla en inglés GPS, que se ha convertido en un recurso tecnológico ya insustituible en muchísimos aspectos de la actividad humana, deviniendo entonces en sustento tecnológico de un cambio cultural consistente en la *georreferenciación* de todas las actividades que, de un modo u otro, estén vinculadas al Territorio.

A partir de GPS, en una carrera que es a la vez competencia y complementación, se han desarrollado, se experimentan y/o se proyectan otros sistemas de similares características, tales como el sistema ruso GLONASS, que es similar al GPS, con algunas características diferentes, lo que no impide la compatibilidad en el uso de ambos sistemas; el sistema GALILEO, desarrollado por la Unión Europea, o el sistema QZSS de Japón, entre otros, los cuales, en su conjunto, suman aportes al posicionamiento satelital. Por lo tanto se trata de un complejo que ha dado en denominarse Sistema Global de Navegación Satelital (GNSS). Esta complejidad implica, por ejemplo, tener en cuenta parámetros de transformación de coordenadas entre GPS, GLONASS y otros.

La sobreabundancia de satélites, la mejor precisión, el aumento de la confiabilidad y la ampliación de posibilidades de un posicionamiento preciso en tiempo real, invita a mayores requerimientos, al surgimiento de nuevas necesidades y por tanto retroalimenta la demanda de desarrollo tecnológico, de difusión de conocimientos y de adquisición de equipamiento para su aplicación.

Las precisiones logrables hacen posible considerar el desplazamiento de cada punto de la corteza terrestre (movimiento de las placas tectónicas) y, si bien en muchas aplicaciones ello carece de importancia o es muy relativa, no sucede así en todos los casos. Por lo tanto es imprescindible que las coordenadas estén referidas a una época determinada.

El uso de la *georreferenciación* se viene expandiendo aceleradamente y se pueden citar numerosísimos ejemplos al respecto. Tal es el caso de las obras viales, sobre todo las más importantes, en las cuales la posición de cada elemento de la obra se puede definir por sus coordenadas. El uso adecuado (por otra parte amplísimo) de las imágenes satelitales, requiere contar con su previa



*georreferenciación*. El Catastro Territorial moderno recurre a la *georreferenciación* para identificar las parcelas de propiedad territorial, tal como lo establece la Ley Nacional de Catastro N° 26.209 sancionada en diciembre de 2006.

La *georreferenciación* se expresa mediante coordenadas, y éstas a través de valores numéricos. Es necesario considerar varios aspectos para garantizar el uso adecuado: a) la obtención de las coordenadas; b) el cálculo de las transformaciones y conversiones de las mismas (no olvidemos que hay distintas maneras de expresar las coordenadas, pero que hay también coordenadas ya expresadas en distintos marcos de referencia); c) la aplicación de las coordenadas a la resolución de diferentes problemas prácticos, como puede ser, por ejemplo, la corrección de una imagen satelital para que todos los puntos identificables en ella estén adecuadamente georreferenciados para efectuar el cálculo de superficies, la medición de distancias, etc.; d) la implementación de la *georreferenciación* requiere de ciertas normativas; tengamos en cuenta que pretendemos correlacionar información procedente de distintas fuentes, lo que requiere criterios compatibles y el uso de un lenguaje común; e) el cálculo de las precisiones inherentes a las coordenadas obtenidas, para su implementación en redes topográficas o geodésicas. Dicho cálculo involucra necesariamente el estudio y ajuste de los errores inevitables que afectan a todo proceso de medición y la obtención de resultados únicos a partir de determinados criterios estadísticos, como mínimos cuadrados, entre otros.

El cambio más importante que se ha dado en los últimos años es el uso extendido de celulares con equipamiento y software capaces de recibir señales satelitales, calcular las coordenadas y mostrar la posición sobre cartografía provista al efecto. Incluso algunos modelos pueden recibir señal de doble frecuencia y también se pueden descargar aplicaciones con prestación similar a las de los clásicos navegadores. El cambio cuantitativo, de miles de millones de “receptores satelitales de bolsillo” ha devenido en cambio cultural, de allí la pretensión de investigar en qué y en cuánto tal fenómeno se relaciona con la *georreferenciación* entendida como parte de la cultura actual.

### **Objetivo general y particulares.**

El *objetivo general* del Proyecto es aportar al desarrollo y profundización de conocimientos que posibiliten el uso adecuado de la *georreferenciación*, en el orden regional e interdisciplinario, tratando de comprender y ampliar las implicancias de su vertiginoso desarrollo.

Y los *objetivos particulares* planteados son:

- Dictado de cursos de formación, de capacitación y de divulgación.
- Asesoramiento a entidades y usuarios en general, de forma particularizada en casos concretos.
- Promover la densificación de la red de Estaciones Permanentes GNSS.
- Estudiar el aprovechamiento de la información georreferenciada proveniente de la agricultura de precisión para la elaboración de modelos digitales de terreno.
- Colaborar en el perfeccionamiento de normas atinentes a la aplicación del Artículo 5º de la Ley 26206 (Ley Nacional de Catastro), en cuanto exige la

*georreferenciación* de parcelas.

- Promover la realización de una capa cartográfica catastral continua mediante las mensuras, por parte del Servicio de Catastro e Información Territorial (SCIT) de la Provincia de Santa Fe.
- Promover el uso de la EP UNRO, tanto en la modalidad post-proceso como en tiempo real.
- Difundir el uso del Posicionamiento Puntual Preciso.
- Estudiar el posible uso de estaciones de referencia virtuales como, por ejemplo VRS de Trimble u otras similares.

### **Método y técnica a emplear.**

La *metodología* se apoyará tanto en el estudio teórico de algunas causales como en la evaluación de resultados de la experimentación y consta, en lo fundamental, de los siguientes puntos:

- Obtención de información, lo que incluye: publicaciones especializadas, consultas en Internet e información proveniente de proveedores de equipos y servicios.
- Relaciones con grupos de investigación afines.
- Contacto permanente con instituciones de significativa importancia en el ámbito nacional como el IGN y en el ámbito internacional como SIRGAS y AGGO.
- Generación de intercambio con los usuarios para evaluar sus requerimientos y experiencias. En tal sentido cabe destacar la relación de cooperación ya existente con el Servicio de Catastro e Información Territorial de la Prov. de Santa Fe, la Dirección de Catastro de la Municipalidad de Rosario, el Colegio de Profesionales de la Agrimensura de la Prov. de Santa Fe y diversas instituciones educativas como así también empresas del ámbito de la Ingeniería Civil y la Agrimensura; ello ha dado lugar a diversos convenios formales con resultados concretos. Intensa experimentación aprovechando la disponibilidad de la Estación Permanente (EP) UNRO y de un equipo trasladable para la instalación de una estación con las características de EP Experimental en diversas ubicaciones de la Prov. de Santa Fe. La experimentación debe procurar evaluar: (i) Aptitud del sitio para la instalación de una EP. (ii) Distintos tipos de receptores y métodos de medición. (iii) Distintas longitudes de vectores. (iv) Posicionamiento puntual preciso vía Internet.
- Estudio, elaboración, discusión con los usuarios y mejoramiento de normas de *georreferenciación*.
- Participación con presentación de trabajos en reuniones científicas y técnicas.

### **Agradecimiento**

A la Universidad Nacional de Rosario, por ser la institución que financia la realización del Proyecto.

