

**EDITORIAL**  
**EDICIÓN NÚMERO 30**

Nos complace presentar a Uds. el *Geom@il* No. 30. Desde noviembre de 2009 cuando publicamos el primer número de esta revista digital de divulgación técnica y científica, hemos contado con autores (de una amplia gama de países) y temas muy diversos dentro de las diferentes disciplinas de la geomática y de las geociencias en general. Nuestro universo de lectores también es amplio y asentado en prácticamente todos los países de este continente y en otras partes del mundo que manejan el idioma español.

Aún cuando, por razones obvias, no publicamos todo lo que nos proponen, es cierto que tampoco somos una publicación científica arbitrada, pero estamos seguros que cumplimos un rol específico dentro de la divulgación de temas de interés para toda la comunidad de estas especialidades, tratando de mantener un carácter serio, científico e innovador.

Todo proyecto, técnico o científico, tiene sus etapas, de acuerdo a la naturaleza del mismo y es importante dar a conocer planes, ideas, logros y resultados oportunamente. Y para cada una de esas fases hay un medio adecuado de informar y divulgar. Confiamos en que *Geom@il* pueda seguir colaborando con esta comunicación y aprovechamos la oportunidad para agradecer a todos los autores que han colaborado con nosotros durante estos treinta números y confiamos en que ellos y otros muchos más sigan enviándonos sus notas, artículos y reseñas.

La geodesia y geodinámica en Colombia; los estudios de geomática en Concepción, Chile; un servicio de PPK en las nubes; la segunda parte de un completo estudio sobre el estado actual del lidar; la reseña del simposio SIRGAS 2021 y las columnas de SIRGAS (en este número sobre IHRS) y de SIGGMA (sobre el impacto del COVID 19 en nuestras profesiones) son el contenido que en este número presentamos ante todos Uds.

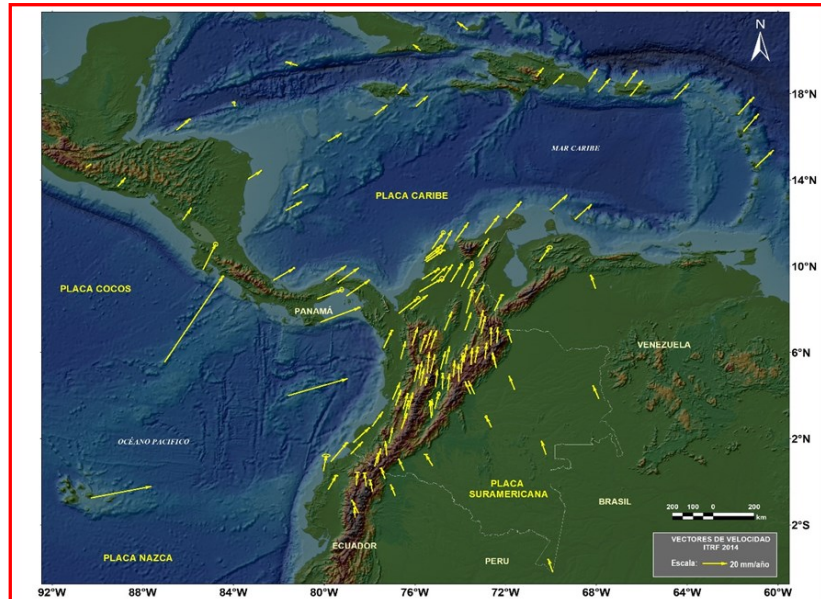
Nos despedimos por este año, no sin antes desearles que el año 2022 esté repleto de salud y felicidad para cada uno de nuestros lectores y colaboradores, para seguir, entre todos, contribuyendo al desarrollo de la geomática en nuestros respectivos ámbitos de desarrollo profesional. Feliz año 2022!

**Dr.-Ing. Melvin J. Hoyer R.**

**GEODESIA Y GEODINÁMICA EN COLOMBIA**

La incursión de la Geodesia aplicada en estudios geodinámicos en Colombia debe ser considerada bajo tres momentos: el primero, como geodesia volcánica y la implementación de técnicas terrestres en octubre de 1985 con apoyo del geodesta costarricense Rodolfo Va der Laat, para el estudio de la deformación volcánica, a raíz de la reactivación en diciembre de 1984 y la trágica erupción del volcán Nevado del Ruiz el 13 de noviembre de 1985; segundo, el desarrollo bajo consideraciones de geodesia tectónica del proyecto CASA (Central And South America) GPS Project, 1988-2008, el estudio más grande del mundo en ese entonces, liderado por el profesor James Kellogg de la Universidad de Carolina del Sur, Estados Unidos, estableciéndose en Colombia, Costa Rica, Panamá, Venezuela y Ecuador, las primeras estaciones de observación geodésica GPS para el estudio de la deformación de la corteza terrestre; y tercero, el establecimiento de redes geodésicas GPS/GNSS por parte del Servicio Geológico Colombiano para el estudio de la deformación tanto tectónica como volcánica. Este documento hace referencia al significado y alcance de **GeoRED**, proyecto de geodesia tectónica, que corresponde al acrónimo **Geodesia: Red de Estudios de Deformación**.

GeoRED es un proyecto de investigación y desarrollo ejecutado por el Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales-GIGE-, adscrito a la Dirección de Geoamenazas del Servicio Geológico Colombiano. Basado en el empleo de técnicas geodésicas con propósitos diversos, su objetivo es “mejorar las capacidades técnicas, científicas y operacionales en Colombia para el análisis, interpretación y formulación de políticas respecto al estado de deformación de la corteza terrestre en Colombia empleando tecnología satelital GNSS”, (Mora, 2006).



**Figura 1. Campo de velocidades de la región de estudio del Grupo de Investigaciones Geodésicas Espaciales. (Mora-Páez et al., 2021)**

Su contribución actual al desarrollo de la geodesia en Colombia se fundamenta en la concepción de la doble condición de la geodesia como pilar fundamental para la generación de información geoespacial. Por un lado, genera el insumo esencial que soporta y satisface las necesidades de la sociedad de datos geoespaciales 3D y sus variaciones a través del tiempo, y por otro, dentro del concepto amplio de las geociencias, al suministrar datos a ser empleados en diferentes campos del conocimiento, con aplicaciones específicas en estudios de la Tierra sólida, líquida y atmosférica.

La primera estación geodésica permanente fue instalada en Colombia en 1994, conocida como BOGT, la cual forma parte de la red global IGS (International GNSS Service); la responsabilidad de su operación es del Servicio Geológico Colombiano. La Red Nacional de Estaciones Geodésicas GPS/GNSS permanentes con propósitos geodinámicos -GeoRED- empezó a ser implementada en el año 2007, y desde entonces, de forma gradual, se ha venido densificando la red en el territorio colombiano, con estaciones instaladas en la superficie terrestre, sobre material rocoso o suelos consolidados para garantizar su estabilidad, cuyo proceso de selección corresponde a un trabajo conjunto entre profesionales de geología y geodesia, teniendo en cuenta criterios geológicos, geodésicos, seguridad, logísticos, y análisis de fuentes electromagnéticas externas.

*(Continúa en la Página 7)*

**Héctor Mora Páez, Ingeniero Catastral y Geodesta, MSc, PhD**

## DESDE LA TOPOGRAFÍA A LA INGENIERÍA GEOMÁTICA, EN LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, CHILE.

La Topografía, en un sentido simplificado puede ser entendida, como la disciplina que se ocupa de las mediciones geométricas de la Tierra y su representación en términos gráficos. En consecuencia, el topógrafo, sería el profesional con calificación académica y experiencia para practicar la ciencia de las mediciones. Desde el año 1953, en el campus central de la Universidad de Concepción (UdeC) en Chile, se comienza a impartir la carrera de Topografía, con una formación de sólo un año.

En el año 1963, la carrera de Topografía se traslada al campus Los Ángeles, con una duración de tres semestres. Esta carrera, comienza a formar profesionales con un enfoque en la construcción de obras civiles, esto, como respuesta a la necesidad de reconstruir el país, después de los efectos del terremoto del 60. En su mayoría, los primeros profesores de la carrera eran ingenieros civiles y constructores. Se debe destacar que, en la época, no existían profesionales de la mensura, tampoco expertos en disciplinas afines, i.e. geodesia, fotogrametría, etc. al menos formados en Chile.

En el año 1968, la carrera incorpora transformaciones en su plan de estudio, aumentando a seis semestres dicha formación, y comienza a migrar desde el topógrafo hacia el Técnico Topógrafo. Al mismo tiempo se conforma un plantel permanente de profesores, siendo el primero de ellos, don Rubén Muñoz Guerrero, quien se desempeñará como Jefe de Carrera y Director de Departamento de Topografía y Geodesia, por un largo periodo de varios años. Para la década del 70 los docentes de jornada completa eran del orden de 15, que, por políticas del Gobierno de la época, se organizaban para impartir dos carreras, Técnico Topógrafo en jornada diurna, y Agrimensura en jornada vespertina (Fig. 1).

El establecimiento de un plantel permanente de profesores le permitió al departamento, ahora llamado Departamento de Geomensura, desarrollar actividades de asistencia técnica, colaboraciones internacionales con instituciones, tales como, Ohio State University (OSU) y University of New Brunswick (UNB), entre otras, como también realizar actividades de investigación.

En torno al año 2000, el departamento comienza a participar en investigaciones relacionadas con transformación entre sistemas de referencia geodésicos, y en el estudio de la deformación de la corteza terrestre en Chile y en América del Sur. Además, se plantea la posibilidad de extender los alcances de la carrera Técnico en Topografía a una carrera profesional con 8 semestres de duración, y así surge la carrera Ingeniería de ejecución en Geomensura. Esta última tiene como propósito formar profesionales especializados en las mediciones de la Tierra, con un especial énfasis en la planificación, ejecución y control de aplicaciones de la geodesia, topografía, fotogrametría, y cartografía. Con una matrícula promedio anual de 50 alumnos, estos profesionales, fueron y son, principalmente reconocidos por su desempeño en los campos de geodesia y topografía aplicada en obras civiles, en nuestro país y en el extranjero (Fig. 2).



Figura 1. Profesores y alumnos en clase de Topografía, 1975.

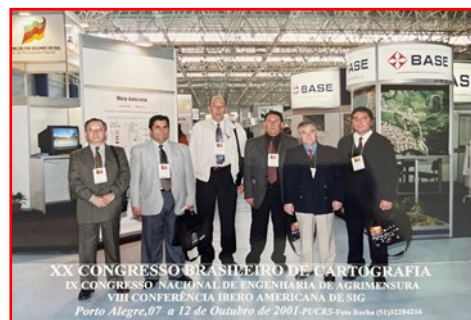


Figura 2. Profesores del DCGG en XX Congreso Brasileiro de Cartografía, 2001.

En el año 2005, como consecuencia de políticas internas de la universidad de Concepción, e influencias internacionales en el desarrollo de la "Geomensura", se realiza una reestructuración del plan de estudio de la carrera Ingeniería de ejecución en Geomensura. Esta carrera, con más de 300 egresados durante el periodo de vigencia se discontinúa, y da paso a la nueva carrera, Ingeniería Geomática. En este nuevo plan de estudio, la duración es de diez semestres, y los alumnos obtienen un título profesional, así como también una licenciatura en Ciencias Geomáticas. La puesta en marcha de este nuevo plan de estudio fue a través de aprendizaje basado en la resolución de problemas, experiencias que fueron obtenidas de Universidades de Dinamarca y España. En conjunto con la implementación del nuevo plan de estudio de la carrera, se incorporan al departamento nuevos académicos, los cuales permiten impulsar el desarrollo en actividades de investigación, asistencia técnica, y docencia. Durante este periodo, el departamento adopta el nombre de Departamento de Ciencias Geodésicas y Geomática (DCGG), el cual permanece hasta la actualidad. Información adicional sobre el DCGG y la carrera Ingeniería Geomática de la UdeC está disponible en el sitio <https://www.dcg-g-udec.cl/>. Hasta el año 2021, la carrera Ingeniería Geomática cuenta con más de 120 egresados quienes se desempeñan principalmente en las áreas de construcción y obras civiles, en minería y la administración pública.



Figura 3. Académicos del DCGG y alumnos colaboradores en proyecto de investigación relacionado con el mapeo de la línea costera en zona sur, 2016.

En la última década, los académicos del DCGG se han enfocado en desarrollar dos líneas de investigación: Geodesia aplicada a la Geodinámica e Hidrología (Fig. 3), y Percepción Remota aplicada a la Investigación Polar. En la actualidad el DCGG mantiene vínculos y colaboración permanente con la Universidad de Kalsruhe - KIT (Alemania), Universidad de Hohai (China), Universidad Federal de Paraná - UFPR y Universidade Federal de Pernambuco - UFPE de Brasil, Universidad en Grenoble - UGA (Francia), Universidad Politécnica de Madrid - UPM (España), entre otras.



**Dr. Henry D. Montecino C.**  
**Mg. Aharon S. Cuevas C.**  
**Departamento de Ciencias**  
**Geodésicas y Geomática**  
**Universidad de Concepción, Los Ángeles, Chile.**



## POST PROCESAMIENTO KINEMÁTICO (PPK) ASEQUIBLE EN LA NUBE

En 1990 tuve el privilegio de trabajar con un grupo de pioneros canadienses en el desarrollo de técnicas de geodesia utilizando una nueva tecnología revolucionaria conocida como Sistema de Posicionamiento Global o GPS. En ese entonces, solo había un puñado de satélites y la disponibilidad de una constelación viable que permitiera una precisión aceptable, era solo de unas pocas horas al día o la noche.

En aquellos días, todo lo relacionado con el GPS era nuevo y nuestro equipo, encabezado por Paul Mrstik y James Ferguson, continuamente desarrollaba ideas sobre cómo mejorar la precisión y la eficiencia de las pocas horas disponibles para medir. Agregar una radio a una estación base y un receptor a un móvil nos dio un GPS diferencial o DGPS.

Esa fue una gran solución para los puntos estáticos, pero dada la escasez de satélites en la constelación, tuvimos que quedarnos en cada marcador durante unos minutos para obtener una solución aceptable. Luego vino el desafío de obtener el mismo nivel de precisión moviendo el rover en lo que se conoció como GPS Kinemático, o como se llama hoy Kinemático en tiempo real o RTK.

Pero RTK no era lo suficientemente preciso para algunos trabajos geodésicos, por lo que se tuvo que desarrollar una nueva alternativa, post procesamiento Kinemático o PPK en el que se ejecutan las mediciones del rover en su totalidad y luego se procesa cada punto usando las datos base que corresponden a los tiempos de medición. Dada la potencia informática de la época, se trataba de una alternativa engorrosa, pero con grandes perspectivas de futuro.

Ahora, 30 años después, los satélites GPS no están solos en el espacio y otros países han creado sus propias constelaciones, Rusia lanzó GLONASS, China produjo BeiDou y la Unión Europea desplegó Galileo con éxito. Con cientos de satélites disponibles, era solo cuestión de tiempo antes de que los fabricantes de equipos geoespaciales crearan dispositivos multicanal que puedan recibir y procesar todas estas diferentes constelaciones en lo que se ha conocido como el Sistema Global de Navegación por Satélite o GNSS.

Los profesionales geoespaciales han adoptado rápidamente nuevas tecnologías que tienen como objetivo aumentar la precisión, mejorar la eficiencia y, si es posible, reducir los costos para seguir siendo competitivos. PPK es ahora más accesible que nunca, pero tiene un inconveniente: la necesidad de dos receptores GNSS, uno para móvil (rover) y otro para actuar como estación base.

Ahora existe una alternativa para hacer que PPK sea accesible y rápido con procesamiento en la nube y datos base gratuitos sin la necesidad de tener dos receptores. Rokubun, una empresa española ha lanzado "JASON", una solución simple para la mayoría de los trabajos de PPK en todo el mundo proporcionando estaciones base y servicios de procesamiento. JASON trabaja con datos móviles en formato RINEX (formato de intercambio independiente del receptor) cargados en un motor de procesamiento en la nube. El sistema tiene acceso a una red de más de 7.000 estaciones base disponibles en todo el mundo que proporcionan datos estacionarios que se procesan junto con los datos móviles del cliente (Fig. 1). El sistema identifica automáticamente la más cercana y la combina con los datos del cliente para una precisión óptima. Profesionales geoespaciales ahora tienen la posibilidad de registrar solo datos móviles y luego usar el sistema para seleccionar la estación más cercana que suministre los datos base. El servicio proporciona a los topógrafos de América del Norte y Europa una gran ventaja en términos de precios y requisitos de equipo.

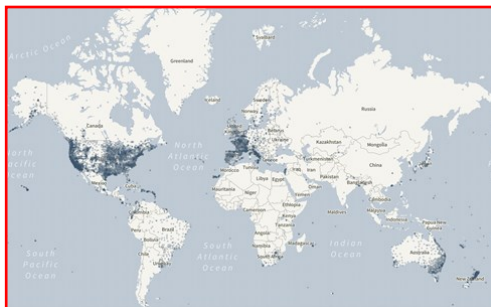


Figura 1. Estaciones en todo el mundo utilizadas para el procesamiento PPK en la nube. Fuente: Empresa Rokubun. JASON.

Con el aumento del número de profesionales de la topografía que utilizan escáneres láser móviles terrestres y drones de mapeo más asequibles, la necesidad de PPK está creciendo y una solución que ofrece solo el uso de un receptor es bienvenida.

Pero, ¿qué hay de la precisión? ¿Cómo se compara el sistema con PPK con su propia base, móvil y software de procesamiento?

La respuesta es muy similar a los métodos convencionales. Si el receptor es de doble frecuencia, se usa una antena geodésica y hay buen acceso a cielo abierto, la precisión es de un cm en horizontal y 1.5 cms en vertical más una parte por millón (PPM) de la distancia a la base del rover hasta 30 millas. Después de eso, sería mejor cambiar de base y continuar el procesamiento con una distancia más corta entre el rover y la base.

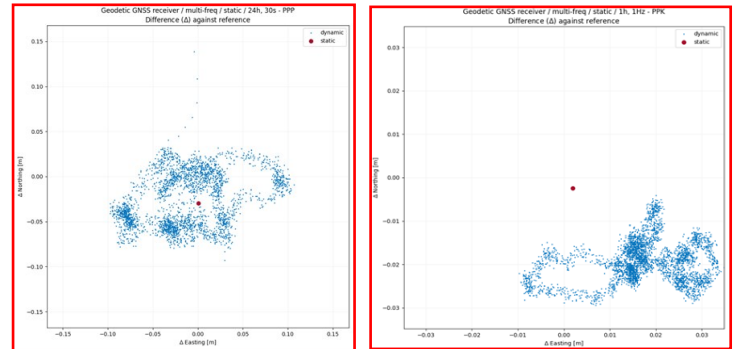


Figura 2. Precisión obtenida con PPP para un período de 24 horas a 30 segundos de intervalo de captura (Izq.) y con PPK para 1 hora a 1Hz (der.) Fuente: Empresa Rokubun. JASON.

La Fig. 2 presenta 2 ejemplos de la precisión obtenida con el sistema, mediante PPP y PPK, en ambos casos se compara con respecto a una referencia conocida.

La mayoría de los escáneres láser de mapeo móviles tienen antenas geodésicas, pero ¿qué hay de los drones?

En el caso de los drones que por razones de peso y tamaño utilizan antenas y receptores GPS miniaturizados, la precisión se degrada alrededor de un 20% dependiendo del equipo.

En términos generales, la calidad de la posición depende en gran medida, como es habitual, de cuán buena y sin restricciones (libre de edificios, árboles, líneas eléctricas, etc.) sea la visibilidad de la constelación de satélites. En áreas con edificios de gran altura o torres de transmisión de alto voltaje, la precisión se verá afectada por el rebote y la degradación de la señal que son comunes a todos los receptores y antenas.

Los errores ionosféricos y troposféricos también están presentes, pero este tipo de anomalías externas son comunes a todas las mediciones GNSS y no exclusivas de PPK.

El rango de exactitud o precisión en cualquier medición GNSS varía según la capacidad del equipo para recibir uno o varios canales, el método y el tiempo de recopilación de datos y el tipo de procesamiento. La clasificación va desde el más preciso al ser un receptor de frecuencia múltiple (dual) con posicionamiento de punto preciso (PPP) hasta el menos preciso al ser un equipo de frecuencia única con posicionamiento de un solo punto (SPP).

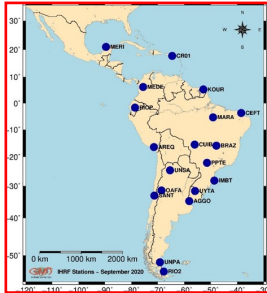
En conclusión, el procesamiento PPK en la nube sin la necesidad de poseer o alquilar una estación base es una buena alternativa para los profesionales geoespaciales que desean ahorrar en equipos o simplemente buscan reducir costos para ser más competitivos. Los profesionales geoespaciales damos la bienvenida a estos enfoques innovadores que sin duda están democratizando nuestra profesión más allá de los sueños más audaces que teníamos en 1990, cuando un puñado de satélites, largas sesiones y computadoras lentas eran la norma. Para obtener más información sobre el sistema Jason, visite (<https://jason.rokubun.cat/#/>)

**Ing. Juan B. Plaza, MBA**

[Juan.plaza@advancedflightssupport.com](mailto:Juan.plaza@advancedflightssupport.com)  
[www.juanbplazaconsulting.com](http://www.juanbplazaconsulting.com)

## SIRGAS HACIA LA REALIZACIÓN DEL MARCO DE REFERENCIA INTERNACIONAL PARA LAS ALTURAS

Desde 2015, cuando la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) definió el Sistema Internacional de Referencia de Altura (IHRF), SIRGAS se ha ocupado intensamente en este tema. En un primer momento, los expertos de la IAG establecieron parámetros y conceptos para la definición y realización del IHRF. Después, una red primaria, para asegurar estabilidad y perdurabilidad a largo plazo (con cerca de 170 estaciones) fue configurada por expertos de los institutos geográficos en cada país donde se proponen estaciones. Estos puntos son estaciones GNSS de operación continua. En América Latina se han seleccionado 19 estaciones distribuidas en 10 países para conformar la red de estaciones IHRF (Figura 1).



**Figura 1 – Estaciones IHRF en América Latina.**  
Fuente: Grupo de Trabajo III-SIRGAS

Un sistema de alturas unificado requiere que las redes de nivelación nacionales se basen en números geopotenciales. Además de eso, cruces internacionales, conexiones de nivelación con las estaciones GNSS de IHRF y mediciones de gravedad absoluta son tareas importantes que los países deben hacer en el contexto de IHRF. Por este motivo, en los últimos años, SIRGAS ha realizado algunos talleres (Bolivia 2014, Brasil 2015, Ecuador 2016, Costa Rica 2017 y México 2018). Como resultado de estos eventos asociados a los esfuerzos de los institutos geográficos nacionales, 3 países (Argentina, Brasil y Uruguay) ajustaron su red de nivelación en base a números geopotenciales y 3 países (Ecuador, Colombia y Venezuela) están preparando sus datos para completar esta tarea. Además, en los últimos años se han realizado numerosos cruces internacionales. Actualmente, 6 estaciones IHRF poseen enlace GNSS/nivelación y 7 estaciones cuentan con medición de gravedad absoluta.

Para apoyar a la comunidad, el Grupo de Trabajo III (GT-III) de SIRGAS (Datum Vertical) ha desarrollado dos guías técnicas. El primer documento se denomina "Guía para la selección de estaciones IHRF" y describe los requisitos y recomendaciones relevantes para la selección e implementación de una estación IHRF. La guía está dirigida tanto a aquellas instituciones o agencias que ya tienen una estación planificada en el cálculo de la primera realización IHRF, como a aquellas que desean proponer nuevas estaciones para integrar al IHRF. El segundo documento se titula "Guía para la realización de mediciones gravimétricas alrededor de estaciones IHRF" y describe los requisitos y recomendaciones relevantes para realizar mediciones gravimétricas terrestres alrededor de estaciones IHRF a través del uso de gravímetros relativos. Ambos documentos fueron desarrollados en español, portugués e inglés, y pueden descargarse desde el sitio web de SIRGAS: <https://sirgas.ipgh.org/recursos/guias/>.

En 2021, el GT-III de SIRGAS ha participado en el cálculo hacia la primera solución para el IHRF. La determinación de una solución IHRF inicial fue basada en el campo de gravedad regional. Los números geopotenciales en América fueron calculados a partir de modelos geoidales regionales y nacionales. La actividad fue coordinada por la Dra. Laura Sánchez, de la Universidad Técnica de Múnich, en conjunto con el área enfoque del Sistema Global de Observación Geodésico (GGOS) "Sistema de Altura Unificado". Se presentaron los resultados en la Asamblea General de la Asociación Internacional de Geodesia que se llevó a cabo en Beijing, China, el pasado mes de julio 2021. SIRGAS seguirá involucrado en los siguientes pasos hacia la solución IHRF. El GT-III ofrece asesorías técnicas a aquellos estados miembros de SIRGAS interesados en establecer sitios IHRF.

**Dr. Gabriel do N. Guimarães**  
Presidente del Grupo de Trabajo III de SIRGAS

## SIMPOSIO SIRGAS 2021

Como una actividad académica tradicional en nuestro continente, los días 29, 30 de noviembre y 1 de diciembre se desarrolló el Simposio SIRGAS 2021, que en esta oportunidad para su organización el Comité Ejecutivo de SIRGAS contó con el apoyo del Instituto Geográfico Nacional del Perú, de la Asociación Internacional de Geodesia y del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. El simposio SIRGAS 2021 fue organizado en cinco (05) sesiones que se desarrollaron en las mañanas y por las tardes las reuniones de los grupos de trabajo.



**El martes 29 de noviembre** (5 ponencias orales y 7 posters). **Sesión 1:** Reporte de las autoridades de SIRGAS. **Sesión 2:** Desarrollo y mantenimiento del marco de referencia SIRGAS la cual concluyó con una conferencia invitada titulada "De la esfera al elipsoide: leyes y teorías geodésicas en la Edad Moderna". Se puede acceder al video de ambas sesiones en el siguiente link <https://www.youtube.com/watch?v=2EmfUzGDCos>

**El martes 30 de noviembre** (7 ponencias orales y 12 posters). **Sesión 3:** Modelado del campo de gravedad terrestre (geoide, gravimetría, sistema de referencia internacional de alturas). Se puede acceder al video de la sesión en el siguiente link <https://www.youtube.com/watch?v=5Ow5EPipncc>.

**El miércoles 1 de diciembre** (7 ponencias orales y 12 posters). **Sesión 4:** Aplicaciones del marco de referencia SIRGAS (reportes nacionales, aplicaciones en tiempo real, etc.). **Sesión 5:** Contribuciones de SIRGAS al modelado del Sistema Tierra (tropósfera, ionósfera, sismología, oceanografía e hidrografía). Se puede acceder al video de ambas sesiones en el siguiente link <https://www.youtube.com/watch?v=Oz0iRvoSDQA>

Entre los aspectos a destacar del evento, está el hecho que los logros y resultados que viene obteniendo SIRGAS son el producto del trabajo colaborativo de las diferentes instituciones de los países integrantes, actualmente la red SIRGAS CON está compuesta por 455 estaciones de rastreo permanente, en los cálculos solo se procesa la data de las constelaciones GPS y GLONASS y a partir del 2022 el Instituto Geográfico Nacional del Perú se constituye en un Centro Local de Procesamiento (Centro de Procesamiento Oficial). Fue también resaltada la necesidad de impulsar el cálculo de un valor de potencial de gravedad en nuestra región para tener un Marco de Referencia Internacional de Alturas confiable, para lo cual se exhortó a los países que consideren la toma de datos geodésicos en especial de los de gravedad como una política de estado.

Finalmente se informó que se están procesando los datos recibidos a través de una encuesta aplicada a los diferentes países del continente para determinar sus capacidades geodésicas y a partir de ello plantear nuevos objetivos. El simposio contó con 235 participantes, registrados de 16 países: Argentina, Alemania, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Perú, Portugal, Trinidad y Tobago, Estados Unidos de Norteamérica y Venezuela. A través de las redes sociales de YouTube y Facebook se tuvo un promedio de 70 asistentes por día y por la plataforma Zoom, el día 1:147 asistentes, día 2:120 asistentes, día 3:86. La próxima cita del simposio SIRGAS será en Santiago de Chile en 2022.

**Ciro Sierra Farfan**  
Teniente Coronel Ejército de Perú  
Instituto Geográfico Nacional.

## UN PALIMPSESTO DE LAS TECNOLOGÍAS DEL LIDAR. SEGUNDA PARTE

En la primera parte de este artículo, publicado en la Pág. 4 del Geom@il No. 29, se hace una reseña de los rudimentos básicos de esta tecnología, sus principales aplicaciones, y una clasificación somera, de acuerdo a la forma de adquisición de los datos y a las técnicas usadas en su construcción y diseño. En esta segunda parte se ampliarán estos tópicos y otros adicionales.

El Velodyne que se muestra en la Fig.1, es análogo, y utiliza como elemento receptor un diodo APD, o Fotodiodo de Avalancha que da unas prestaciones de muy buena calidad (ver en la Fig. 2 el diagrama de recepción), pero muy superado por su versión digital, denominado SPAD, Single Photon Avalanche Diode, que además, es posible realizarlo en arreglos incluso bidimensionales, y que conjuntamente con los arreglos de láser VCSELS, permiten en un solo chip empacar cientos y miles de estos elementos para crear los lidares digitales como el Ouster y su recepción digitalizada de las Figuras 3 y 4.

Estos SPAD, se utilizan también en lidares multimillonarios, que levantan cientos de Kilómetros cuadrados en un solo vuelo, a bordo de aeronaves a la altura de 4.000 metros y más, con una densidad entre 4 y 25 puntos por metro cuadrado. Harris y Sigma Optoelectronics, ahora propiedad del grupo Hexagon, usa esta tecnología de "One foton Lidar" y "Lidar por efecto Geiger". La colección de datos es tan masiva que se mide en Peta-Bytes (1 Petabyte = 1000 TeraBytes).

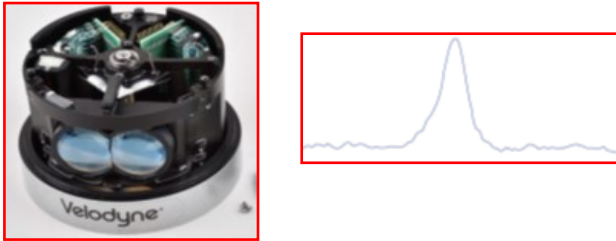


Figura 1 (Izq.) Velodyne y su diagrama de recepción, Figura 2 (Der.). Fuente: Manual de usuario del Velodyne de 64 canales. VLP 16 User manual



Figura 3 (Izq.) Lidar digital Ouster y su recepción digitalizada, Figura 4 (Der.). Fuente: Catálogo de productos de Ouster Technology.

Como **Lidares Mecánicos Optoelectrónicos**, no se puede dejar de mencionar una cantidad substancial de equipos de última generación, que usan el prisma de Risley, con barridos elípticos, los LIVOX, OPAL y muchas otras marcas que utilizan el producido por LIVOX, le integran un IMU y una placa GNSS, y le dan su propio nombre de marca, lo mismo ocurre con los Velodyne, y los modelos pequeños de Rieggl, que son muchos los integradores que los usan y presentan como si fuesen sus propios diseños. A este grupo corresponde el Zimusa L1, de DJI (Figura 5), el cual con IMU y GNSS integrado, está en el orden de los \$14.000 al público. Estos equipos son completamente optomecánicos, y se basan en un láser que al atravesar dos prismas, desfasados el uno del otro, que giran a unas 3.000 rpm, producen un patrón helicoidal, repetitivo.

La posición relativa entre los dos prismas crea un desfase de la señal, y mediante unos sensores que miden la posición circular de los mismos, obtenemos las coordenadas en el espacio lidar, que después serán transformadas al espacio local X, Y, Z, con ayuda del IMU y el sistema GNSS. Están logrando una buena posición entre los favoritos actuales para montar en los UAV debido a su bajo peso, y fácil implementación. Y la otra gran ventaja es que no necesitan recalibración periódica como por ejemplo los Velodyne, que después de varias campañas hay que enviarlos a la planta para que los calibren, con costos que pasan de 1K\$. En la Fig. 6, se observa que es un motor girando a alta velocidad que consume una buena porción de corriente del drone, por lo que los vuelos suelen estar en el orden de los 30 minutos o menos.

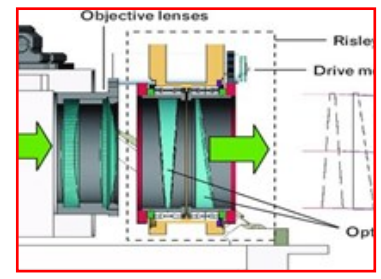


Figura 5 (Izq.). Zimusa L1, de DJI. Fuente: Catálogo de DJI. Figura 6 (Der.). Motor del lidar Zimusa L1. Fuente: Jigsaw: A foliage – penetrating 3D Lidar. Richard Marino, William Davis.

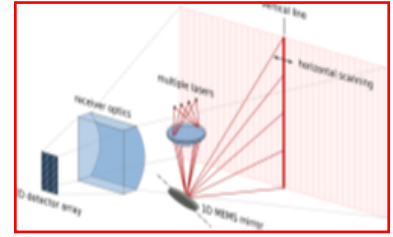
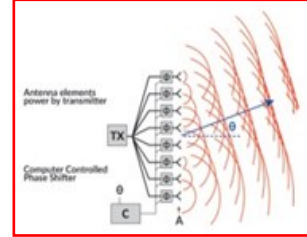


Figura 7 (Izq.). Lidar tipo OPA, u Optical Phase Array . Figura 8 (Der.) Lidar MEM con láser múltiple. Fuente: MEMS mirrors for Lidar. Dingkang Wang, Connor Walking .

Y aparecen unos nuevos **Lidares Escáneres, NO MECÁNICOS**, que utilizan dispositivos denominados OPA, u Optical Phase Array (Fig. 7), los cuales forman parte de un grupo, conjuntamente con los FLASH LIDAR, denominados **LIDARES DIGITALES**. Como expusimos, el problema principal radica en la deflexión del rayo láser para que recorra toda la superficie de escaneo, por lo cual usamos prismas o espejos en los lidares mecánicos. Los OPA, trabajan de forma diferente, en un arreglo 1D o 2D, de elementos, podemos mediante el control de fase de los OPA contiguos, realizar una deflexión del rayo, es decir que el rayo láser se mueva hacia la izquierda o a la derecha o hacia arriba o hacia abajo, sin necesidad de espejos o prismas; utilizan el principio de Huygens y la interferencia de onda, similar a las ondas en el agua que se interfieren las unas a las otras. La deflexión no suele pasar de 15 grados, pero promete ser mayor, y ya existen prototipos que realizan deflexiones en el rayo de más de 45 grados. Están siendo usados en robots, y cámaras lidar fijas, ya que al no tener ningún tipo de pieza móvil, trabajan muy bien en forma continua todo el tiempo, para aplicaciones de seguridad en aeropuertos, en grandes estacionamientos, que vigilaran que no haya choques en los vehículos, o para generar señales de alarma en carros o camiones mal estacionados, entre sus miles de aplicaciones. A este momento no suelen tener mucho alcance, pero prometen ser parte de los vehículos inteligentes.

Desde hace tiempo, se nos hizo familiar la palabra **MEMS, Micro Electronics Mechanical Systems**, (Fig. 8) los cuales se comportan en parte como circuitos electrónicos y por otro lado como máquinas en miniatura. Utilizando esta técnica se están creando "MEMS Mirrors", es decir **Espejos MEMS** que vamos a integrar con otros dispositivos como los SPADS y VCSEL, que ya conocemos, para crear lidares con características QUASI DIGITALES. En este caso los espejos basculantes pasan de tener algunos centímetros a ser un MICRO MIRROR submilimétrico, con capacidades de múltiples láseres VCSEL, que inciden sobre un micro espejo MEM, que escanea horizontalmente la ventana en su FOV (Field-Of-View o ángulo de escaneado), y en cada posición horizontal, existen varios disparos simultáneos de láser en forma vertical, que estrechan bastante su barrido.

En la Figura 9, se muestra otro diseño interesante que utiliza un MEMS MIRROR con doble movimiento, X y Y, donde varios láseres en paralelo se mueven de derecha a izquierda y desde arriba hacia abajo, para cubrir todo el FOV del lidar. Los MEMS MIRRORS, suelen deflexionar, por distintos efectos físicos: por magnetismo, por piezoelectricidad, por capacitancia e incluso térmicos. Mostraremos algunos de estos micro mecanismos.

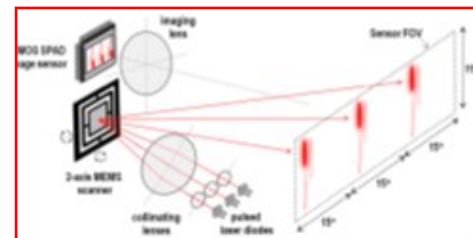


Figura 9. Lidar MEM con doble movimiento de espejo. Fuente: Comparisons of MEMS mirrors for lidar. Kasturi, Milanovic et al.

(continúa en la siguiente página)



## UN PALIMPSESTO DE LAS TECNOLOGÍAS DEL LIDAR. SEGUNDA PARTE.

(Viene de la página anterior)

El de color dorado que se muestra en la Fig. 10, es un MEMS MIRROR que actúa por capacitancia, y el de la Fig. 11, mueve su espejo por la aplicación de una corriente en la micro bobina que le crea un campo magnético, similar a un motor eléctrico. Generan un efecto de resonancia que mencionaremos, ya que entre estos componentes, existen dos categorías, resonantes y no resonantes, pero su frecuencia de movimiento en ambos casos, supera varios KHz, por lo que con este tipo de lidar, podemos obtener más de 30 imágenes por segundo de la escena a escanear. La última generación de estos sistemas SPAD, VCELS, de Ouster, están construidos en un SoC, o Sistema en un Chip, es decir los miles de láseres, los receptores, amplificadores, filtros de imagen y preprocesadores de señal están todos en un solo chip, y como comentamos, se rigen por la ley de Moore, por lo que podemos esperar que en corto tiempo duplique su densidad a un tamaño menor y con costos más adquisitivos.

### Parámetros de un Lidar:

Examinamos las especificaciones de un lidar típico, en la modalidad de 2048 pixel H y 10 ciclos/seg.

- ◆ **Rango o alcance con una reflectividad Lambertiana del 80%:**
  - 210 m @ >90% probabilidad de detección, con 100.000 lux de luz solar (100 Klx)
  - 240 m @ >50% probabilidad de detección
- ◆ **Con 10% de reflectividad Lambertiana:**
  - 80 m @ >90% probabilidad de detección 100 klx luz solar
  - 100 m @ >50% probabilidad de detección, 100 klx luz solar
  - Exactitud de Distancia  $\pm 3$  cm con blancos Lambertianos,  $\pm 10$  cm con prismas reflectores.
  - Precisión: (10% Reflectividad Lambertiana, 2048 líneas @ 10 Hz mode, 1 sigma):
    - 1 - 30 m:  $\pm 2.5$  cm/ 30 - 60 m:  $\pm 4$  cm / >60 m:  $\pm 8$  cm
    - Resolución en distancia: 0.3 cm / Resolución vertical: 32, 64, o 128 canales
    - Resolución Horizontal: 512, 1024, or 2048 (configurable)
    - Campo de Visión Vertical: 22.5° (+11.25° to -11.25°) Horizontal: 360°
    - Exactitud del muestreo angular: Vertical:  $\pm 0.01^\circ$  / Horizontal:  $\pm 0.01^\circ$
    - False Positive Rate 1/10,000/ Ecos: 3

Algunos fabricantes incluyen también: la longitud de onda del laser, el tipo de tecnología (ej. escaneo por espejos), la marca en tierra del láser (footprint), la divergencia del haz, la velocidad de adquisición de datos, el consumo de corriente, voltaje, tamaño y peso.

Es interesante destacar los denominados ECOS o número de blancos (target) por disparo del láser, los cuales son necesarios en los lidars montados en los UAV, que realizan levantamientos DTM. Cuando el lidar está tomando datos sobre vegetación, el laser retornará por impacto parcial en la copa o tronco del árbol, pero ya la señal disparada, se ha abierto lo necesario y continúa viajando hacia el suelo, por lo que retornarán las reflexiones en puntos intermedios si los hubiese, que tocaron las ramas del árbol, y finalmente el pulso que llegó hasta el suelo. Es decir, retornarán varios puntos del mismo disparo laser, que el programa de post proceso de la nube de puntos, discriminará y filtrará para tener el último que regresa, que corresponde al terreno y filtrará la vegetación (Figura 12), o también pudiésemos para su estudio y evaluación obtener solo la masa vegetal. El líder en esta tecnología ha sido hasta ahora Riegl, con sus lidars de espejos y prismas, con capacidad para discriminar hasta siete ecos, lo cual permite una clasificación posterior de objetos, edificios, vegetación de diferentes clases, etc., pero ya los lidars digitales y los de prisma de Risley, están respondiendo con tres ecos, y más, que permiten realizar "el pelado" del terreno, a fin de obtener un DTM verdadero.

Hasta ahora nos hemos concentrado en la tecnología del puro lidar, como medidor de distancia, el cual en su marco de referencia, lo que suele entregar son paquetes de datos, con preámbulo, sus bits de corrección, y etiquetas identificadoras del tiempo, al microsegundo, de cada punto, cuyos datos de posición suelen ser la distancia, el acimut, la reflectividad y la mencionada etiqueta de tiempo, que es sincronizada por la entrada de un pulso por segundo proveniente de algún GPS conectado.

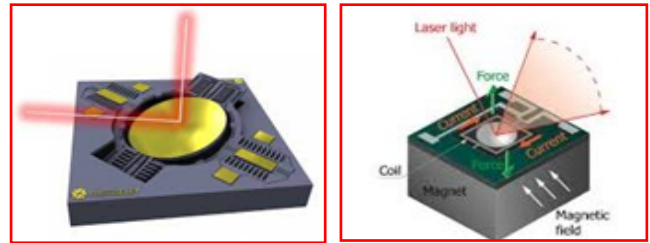


Figura 10 (Izq.) MEMS mirror con movimiento por capacitancia.  
Figura 11 (Der.) MEMS mirror por movimiento de campo magnético.  
Fuente: Comparisons of MEMS mirrors for lidar. Kasturi, Milanovic et al.

La mayoría de los fabricantes suplén el lidar sin IMU y sin sistema GNSS, por lo que estos datos en bruto "paquetizados" o van directos a un visor, con un programa de aplicación, con inteligencia artificial -AI-, según la función requerida del sistema, digamos que vigilancia, monitoreo de equipos, y que por lo general las aplicaciones no son del fabricante del Lidar, es decir el software de la aplicación no es del fabricante del equipo. Es un hecho común que los datos brutos se almacenan en alguna memoria, en general tarjeta SD de varios Gigas para su proceso posterior. Cuando el LIDAR está dotado de IMU y GNSS, viene con programas que realizan aplicaciones PPK, y georeferencian la nube de puntos, en forma similar a los procesos que se realizan con el drone de cámara fotográfica, se le suelen aplicar algunos filtros rudimentarios para eliminar ruido y males mayores y se prepara para la exportación en el formato LAS, que es el oficial de los fabricantes de lidar. Actualmente "LAS 1.4", son las especificaciones del formato de los archivos que debe reunir el "proyecto o proyectos encadenados", para "Id" de los puntos, "los ecos", y demás, y establece la tabla con la carga atributiva de los puntos: vegetación, construcción y hasta mas de cien elementos básicos, para su clasificación automática.

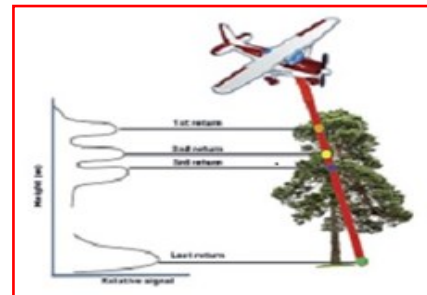


Figura 12. Detalles del eco múltiple. Fuente: Light Detection and Ranging. Newport/n/lidar.

**Programas de Post Proceso.** Así como después del vuelo con el drone, descargamos las imágenes, las georeferenciamos y las procesamos, en las aplicaciones de lidar, los procesos son en cierta forma similares, pero algo más complejos. Se establecen puntos de control para chequeo 3D de la nube y se limpian los datos. Se detectan formas, se elimina o acentúa la vegetación según la aplicación, y todo se va montando en diferentes capas, activas o no, a conveniencia del usuario. En estos programas la acentuación o reducción de colores asociados a características de objetos es uno de los usos más frecuentes, podemos seleccionar edificios, zonas verdes, líneas de carretera, línea de costa, cercas, etc., es decir, caemos en el proceso digital, similar al que se realiza con las imágenes de los sensores remotos. Algunos de estos programas son bestiales en su capacidad de proceso y en precio. También están apareciendo softwares libres, con sus limitaciones, pero que llenan las expectativas de quien no puede invertir miles de dólares en paquetes como Terrasolid, por mencionar uno de ellos. Por lo general están divididos en varios módulos, así Terrasolid ofrece Terrascan, Terramodel, Terratopo, etc, con precios de algunos miles de dólares por módulo, con los cuales por ejemplo, es fácil detectar y ver claramente las líneas eléctricas y elementos pequeños en tamaño, que no se podrían obtener de otra manera. Existen al menos diez paquetes comerciales de este tipo, pero afortunadamente los programas de libre dominio están apareciendo y trabajan bien. Todos ellos para su operación van a pedir tarjeta gráfica tipo NVIDIA o similar, en la computadora de escritorio o en la portátil, y sin ella no hay nada que hacer.

Se puede concluir comentando, que la nube de puntos preferiblemente es mejor trabajarla "en la nube" y no es redundante esta expresión, muchos usamos la nube de Google para almacenamiento, pero en la nube podemos realizar también procesos, algunos en la forma primitiva, tipo Batch; enviamos los datos, y recibimos la respuesta, pero ya las modalidades de proceso están cambiando y tenemos "la nube en línea", como si todo estuviese en nuestro computador personal, solo estamos a la espera de la 5G para poder bregar cómodamente con esta masiva nube de puntos provenientes de los LIDAR.

Ing. Antonio Márquez  
CEO MECINCA, Caracas, Venezuela  
mecinca@mecinca.net

## GEODESIA Y GEODINÁMICA EN COLOMBIA

*(Viene de la Página 1)*

Para la instalación de las estaciones de GeoRED se tienen en cuenta factores esenciales asociados a la calidad de la monumentación de las estaciones, quizás el más importante factor que debe ser considerado en la implementación de una red geodésica con propósitos geodinámicos (Langbein et al., 1995). Como el tipo y calidad de la monumentación tiene importantes implicaciones en la calidad de los datos, significa que los productos a ser generados y el comportamiento de una estación geodésica es dependiente de la calidad de las señales recibidas en la antena geodésica.

Las estaciones de GeoRED y las instaladas conjuntamente con otras entidades colombianas (Cenicaña, Empresa de Acueducto de Bogotá, universidades Nacional y Distrital), junto con las estaciones instaladas en países vecinos y en la región Caribe (Escuela Politécnica de Quito, proyecto COCONet) permitirán entender la dinámica de la corteza terrestre como resultado de la interacción de las placas tectónicas de Nazca, Caribe, Suramérica y Cocos, y de los bloques geológicos Norte de los Andes, Bonaire, Triangular de Maracaibo y Panamá acunados entre dichas placas (Trenkamp et al., 2002; Mora-Páez et al., 2019; Mora & Audemard, 2021).

Los datos de las estaciones de GeoRED, así como los obtenidos en estaciones fuera de Colombia son procesados en el Laboratorio Geodésico Internacional del GIGE, mediante el empleo de software científico GipsyX-1.3/RTG (Bertiger et al., 2020), desarrollado por JPL-CALTECH-NASA y empleado por el Servicio Geológico Colombiano en virtud de convenio internacional de cooperación. La estrategia de procesamiento corresponde a Posicionamiento Preciso de Punto (PPP), el cual utiliza productos precisos de satélites y órbitas para ajustar los parámetros asociados con la estación individualmente asociada con el archivo RINEX.

Las coordenadas diarias son expresadas en el Marco Internacional Terrestre de Referencia ITRF2014 (Altamimi et al., 2016). Las series de tiempo y la estimación de las velocidades geodésicas son procesadas con el software HECTOR (Bos et al., 2013), desarrollado por SEGAL (Space & Earth Geodetic Analysis Laboratory) de la Universidad del Interior Beira, Portugal. Para la estimación de las velocidades, se ha adoptado como tiempo mínimo 2,5 años de observación en estación, de acuerdo a lo sugerido por (Blewitt and Lavalle 2002).

Para el procesamiento de las posiciones diarias y generación de las series geodésicas de tiempo, se realizó el tratamiento de datos atípicos con un rango intercuartil 3.0, se asumió un modelo de ley de potencia + ruido blanco, y se consideraron componentes estacionales y saltos instantáneos de posición como cambio de instrumentación y los debido a sismos. La Figura 1 corresponde al Mapa del campo de velocidades geodésicas horizontales de algunas de las estaciones procesadas en el Laboratorio Geodésico Internacional del GIGE (Mora-Páez et al., 2021)



**Figura 2. Arquitectura de una estación permanente con propósitos geodinámicos**

Las velocidades del mapa de la Figura 1 permiten apreciar claramente la subducción oblicua de la placa de Nazca, la subducción de la placa de Cocos, el movimiento hacia el norte del Bloque Norte de los Andes y el cambio de dirección de los vectores de velocidad de este bloque a partir de los 7,5° de latitud norte, el movimiento hacia el NW de la placa Suramericana, y el comportamiento de la placa Caribe. Adicionalmente, se ha podido determinar, a partir de datos de estaciones geodésicas, establecer el grado de acoplamiento de las placas de Nazca con Suramérica y de Caribe con Suramérica, así como la colisión del bloque de Panamá con el bloque norte de los Andes.

De esta forma, la infraestructura geodésica de GeoRED, concebida con propósitos geodinámicos, suministra datos para la comunidad de usuarios en Colombia, que son empleados en los dos aspectos que conforman la doble condición de geodesia, anteriormente expuestos. Importante señalar el trabajo conjunto desde hace un par de años con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi para la densificación de la red GNSS Colombia. Complementariamente, además de las investigaciones basadas en geodesia de posicionamiento, el GIGE adelanta investigaciones bajo el concepto de geodesia InSAR, para detectar, medir y hacer seguimiento a cambios de la superficie terrestre que pueden estar asociados a procesos geofísicos o de origen antrópico.

El propósito final es combinar los resultados de geodesia de posicionamiento con geodesia InSAR para identificar movimientos 3D en la superficie, del orden milimétrico y centimétrico, con buena resolución espacial, para adelantar estudios de tectónica activa con énfasis en la deformación de la corteza terrestre, facilitando así el entendimiento de los procesos que controlan la distribución de la deformación.

### Referencias

- Altamimi, Z., Rebischung, P., Métivier, L., Collilieux, X. (2016), ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 121, 6109-6131. doi:10.1002/2016JB013098.
- Bertiger W., Bar-Sever, Y., Dorsey, A., Haines, B., Harvey, N., Hemberger, D., Heflin, M., Lu, W., Miller, M., Moore, A.W., Murphy, D., Ries, P., Romans, L., Sibois, A., Sibthorpe, A., Szilagyi, Valisneri, M. Willis, P. (2020), GipsyX/RTGx, A New Tool Set for Space Geodetic Operations and Research, *Advances in Space Research*, 66(3), 469-752. doi: 10.1016/j.asr.2020.04.015
- Bos, M. S., R.M.S. Fernandes, S.D.P. Williams and L. Bastos, (2013). Fast Error Analysis of Continuous GNSS Observations with Missing Data. *J. Geod.*, Vol 87 (4), 351-360, doi: 10.1007/s00190-012-0605-0.
- Langbein, J., Wyatt, F., Johnson, H., Hamann, D. Zimmer, P. (1995), Improved stability of a deeply anchored geodetic monument for deformation monitoring, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 3533-3536.
- Mora H., (2006), Red Nacional de Estaciones Geodésicas Satelitales GPS con propósitos geodinámicos, Documento BPIN con información complementaria, Propuesta de proyecto presentada al Ministerio de Minas y Planeación Nacional, 63 p. + 5 módulos
- Mora-Páez H., J. Kellogg, J. Freymueller, D. Mencin, R. Fernandes, H. Diederix, P. LaFemina, L. Cardona-Piedrahita, S. Lizarazo, J. R. Peláez-Gaviria and F. Díaz-Mila, O. Bohórquez-Orozco, L. Giraldo-Londoño, Y. Corchuelo-Cuervo, (2019), Crustal Deformation in the Northern Andes – Space Geodesy Velocity Field, *J. South American Earth Sciences* 89 (76-91), 10.1016/j.jsames.2018.11.002
- Mora-Páez H. and F. Audemard (2021), GNSS Networks for Geodynamics in the Caribbean, Northwestern South America, and Central America. In: *Geodetic Sciences - Theory, Applications and Recent Developments*, B. Erol & S. Erol (eds), Intechopen Book Series, 22 p., doi: 10.5772/intechopen.97215
- Mora-Páez H., Giraldo L., Corchuelo Y., Gutiérrez N., Bohórquez O, Ramírez J., Díaz F., Martínez G., Álvarez C., Moreno R., Escalante-Sierra C. (2021). Velocidades Geodésicas Horizontales GPS GeoRED 2.0, Bogotá, Servicio Geológico Colombiano
- Trenkamp, R., Kellogg, J. N., Freymueller, J.T., Mora, H. (2002). Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations. *Journal of South American Earth Sciences* 15, 157-171.

**Héctor Mora Páez, Ingeniero Catastral y Geodesta, MSc, PhD**  
**Grupo Investigaciones Geodésicas Espaciales,**  
**Dirección de Geoamenazas, Servicio Geológico Colombiano.**

## EL PROFESIONAL GEOESPACIAL Y EL COVID-19

A dos años del inicio de esa pandemia que nos ha cambiado la vida a todos, sin distinción de género, raza o estatus económico quisimos resumir los desafíos que ha enfrentado cualquier profesional que esté ligado a la práctica geoespacial, llámese geodesta, topógrafo, agrimensor, geomático... y cómo la tecnología ha proporcionado herramientas muy necesarias para cruzar este abismo de fatalidad y desesperación llamado COVID-19. El profesional geoespacial no se diferencia de otras ocupaciones orientadas al servicio y de servicio público, incluso cuando la mayor parte de nuestro trabajo de campo se realiza en soledad, todavía tratamos con clientes, agencias gubernamentales, otros consultores y el público. Según Burch 2020, los mayores desafíos a los que nos enfrentamos al lidiar con la atmósfera pandémica han sido la comunicación y los cambios en el trabajo en campo.

En primer lugar, ya sea con empleados, clientes, agencias gubernamentales u otros compañeros, la comunicación se ha visto afectada principalmente por la eliminación de interacciones "cara a cara". Si bien es cierto que la tecnología de comunicación virtual existe desde hace muchos años, no muchos de nosotros la hemos aprovechado debido a la conveniencia de la interacción en persona; preferimos salir de la oficina para reunirnos con un cliente, estrechar su mano y cerrar el trato.

En lo referido al trabajo en campo, en nuestra industria geoespacial, la pandemia ha obligado a muchos profesionales a adaptarse y aprender diversas aplicaciones y programas nuevos para poder conectarse y cumplir con los proyectos solicitados. En nuestro caso, trabajar de forma remota requiere mucho más esfuerzo, preparación y tecnología para lograrlo. Entre los cambios ocurridos en estos casi 2 años, podemos mencionar que, en algunas empresas, los miembros de las cuadrillas de campo solo manipulan piezas específicas de los equipos o realizan una limpieza a fondo si estos se comparten durante un proyecto, igualmente, las cuadrillas se han dividido en grupos pequeños y el traslado a los lugares de trabajo se realiza en vehículos individuales o con la menor cantidad de personas posibles, esto, sin contar el uso obligatorio de las medidas de bioseguridad reglamentarias (Irlanda, 2020).

Pero, ¿todo lo acontecido durante la pandemia ha sido malo?

Aunque estos cambios nos han puesto de cabeza a todos, este tiempo de pandemia ha demostrado ser una excelente oportunidad para mejorar las habilidades y hacer uso de la tecnología digital y en línea; cada día son más las empresas, instituciones y organizaciones que ofrece seminarios, conferencias y capacitaciones online. Sabemos que la virtualidad llegó para quedarse, actualmente las empresas utilizan el trabajo remoto como una herramienta de suma importancia en su funcionamiento diario, nosotros como profesionales geoespaciales no podemos hacer caso omiso de esto, nuestro futuro plantea técnicas de recopilación de datos mejorada, capacitación y actualización constante en las mejoras tecnológicas, y más específicamente, adquisición e implementación de sistemas de fotogrametría, LiDAR y escaneo láser para trabajos de uso diario, la utilización de los UAV continuará en aumento, seguirá la actualización de receptores GNSS y el crecimiento exponencial del uso de los SIG. Desde SIGGMA queremos contribuir en tu preparación para este presente y futuro, quédate conectado con nosotros y acompáñanos en este nuevo año que está por venir, seguiremos con nuestros seminarios web y traeremos nuevos programas de capacitación para nuestros miembros.

No queremos despedirnos sin antes desearles una Feliz Navidad y un Próspero y Saludable Año Nuevo 2022.

### Referencias

- Tim Burch (2020) Surveying and COVID-19: A lesson in essential services. Disponible en: <https://www.gpsworld.com/surveying-and-covid-19-a-lesson-in-essential-services/>
- Kellee Irlanda (2020) Surveying in the Time of COVID-19. Disponible en: <https://www.alifewithoutlimits.com.au/blog/surveying-in-the-time-of-covid-19/>

### Equipo SIGGMA



## EN POCAS PALABRAS...

- ◆ **De tour con el IGS:** El Servicio GNSS Internacional está realizando una serie de talleres virtuales sobre temas relevantes para toda la comunidad GNSS bajo el nombre **Tour de l'IGS**. Los dos primeros temas fueron: ITRF2020 y los resultados de las actividades de Repro3; e Infraestructura IGS. La próxima parada es el 17 de febrero de 2022 de 17:00 a 20:00 UTC y el tema es "Procesamiento GNSS basado en productos IGS". El registro previo es obligatorio, más información en <https://igs.org/tour-de-igs#agenda>.
- ◆ **En vigencia RINEX 4.0:** la nueva versión 4.0 del Formato de Intercambio Independiente del Receptor (RINEX4), fue anunciada por el IGS, caracterizando esta versión como un paso necesario para respaldar los mensajes de navegación modernos multi GNSS y como un formato preparado para el futuro para todos los usuarios de GNSS. Más información en <https://www.igs.org/wg/rinex/>
- ◆ **Inquietud por Cumbre Vieja:** eventos como el de las violentas erupciones del volcán Cumbre Vieja en La Palma, España, dejan muchas lecciones y enseñanzas. Más de 800 millones de personas en todo el mundo viven cerca de volcanes activos y aún cuando se han hecho importantes avances en la predicción de estos eventos, faltan temas por resolver. Marc-Antoine Longpré en la revista Science presenta una interesante disertación sobre el tema utilizando a este volcán como referencia.
- ◆ **Próspero año 2022:** La familia Geom@il agradece a todos sus colaboradores, lectores y difusores la amplia acogida que tuvieron sus ediciones del 2021 y a la vez desea a todos un saludable, feliz y próspero año 2022, lleno de hechos trascendentales en el ámbito de las geociencias y en el desarrollo personal y profesional de todos y cada uno de Uds. Feliz 2022!!

**Geom@il** es una publicación digital con fines de divulgación técnica y científica, sin intereses comerciales o políticos. Para comunicarse con sus editores o enviar contribuciones por favor dirigirse a:

[geomailedit@gmail.com](mailto:geomailedit@gmail.com)

Para consultar o descargar ediciones anteriores de **Geom@il**, visite:

<https://siggma.world/> o  
<http://geomailblog.wordpress.com/>



### Comité Editorial:

- ◆ Melvin J. Hoyer R., Coordinador.
- ◆ José Napoleón Hernández
- ◆ Darwins Cortés

### Colaboración especial en este número:

- ◆ Aharon Cuevas
- ◆ Antonio Márquez
- ◆ Ciro Sierra
- ◆ Equipo SIGGMA
- ◆ Gabriel do N. Guimarães
- ◆ Héctor Mora
- ◆ Henry Montecino
- ◆ Juan Plaza

Cada autor es responsable del contenido de su artículo y del uso de figuras, textos y marcas comerciales o registradas en el mismo. Geom@il no tiene ninguna responsabilidad al respecto.