

EDITORIAL

Hablando el mismo idioma...

Con frecuencia nos sentimos satisfechos de conocer la diferencia entre precisión y exactitud, aun cuando, a veces, utilicemos una por otra y entendamos que fuera de nuestro ámbito profesional no todos conocen o entienden la diferencia entre ambos términos.

Pero es frecuente que la confusión y el uso indebido de las palabras se extienda a otros casos, como el de error y diferencia, en el caso de una medición, o resolución y apreciación, en el caso de un instrumento. Es por esta razón que es muy importante que todos “hablemos el mismo idioma” desde el punto de vista técnico y desde el punto de vista profesional, aun cuando, una revisión bibliográfica de los términos no siempre conduce a definiciones claras y concretas debido a que a pesar de ser términos técnicos no escapan de la subjetividad de algunos autores y es allí donde los glosarios, especificaciones o normas, como las ISO, por ejemplo, pueden ser de mucha ayuda. Debemos cultivar el uso unificado de términos y definiciones técnicas en nuestras profesiones y no es fácil, hay que reconocerlo, ante la avalancha de siglas y tecnologías. Parece mentira, pero en días recientes he leído diferentes acepciones, por ejemplo, para un receptor GNSS ¿solo GPS más GLO-NASS..? ¿Y las otras constelaciones? ¿o es que GPS no es un GNSS?...

Presentamos a vuestra consideración el *Geom@il* No. 29 con artículos que provienen de plumas (o teclados) de España, Costa Rica, Venezuela, Estados Unidos y dos organizaciones multinacionales, SIGGMA, cuyos miembros están distribuidos por todos los continentes y, además, damos la bienvenida en este número a la columna de SIRGAS, organización que agrupa a todos los países del continente.

Una vez más ponemos nuestra publicación a sus ordenes para que envíen sus artículos (proyectos, tesis, notas técnicas, reseñas de libros o artículos más extensos o reflexiones sobre temas profesionales) recordando que la divulgación es tan importante como la publicación de resultados provenientes de las investigaciones. ¡Para eso está *Geom@il*!

Dr.-Ing. Melvin Hoyer Romero
melvinhoyer@gmail.com

TOPLAB

Laboratorio virtual de observaciones topográficas de la UPM (Universidad Politécnica de Madrid)

TOPLAB es un entorno virtual 3D que permite emular observaciones topográficas básicas de forma remota. Mediante la interacción con réplicas de instrumental topográfico y sus accesorios, un avatar realiza las observaciones en el “campo de prácticas virtual” (reproducción georreferenciada del campo de prácticas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros -ETSI- en Topografía, Geodesia y Cartografía) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

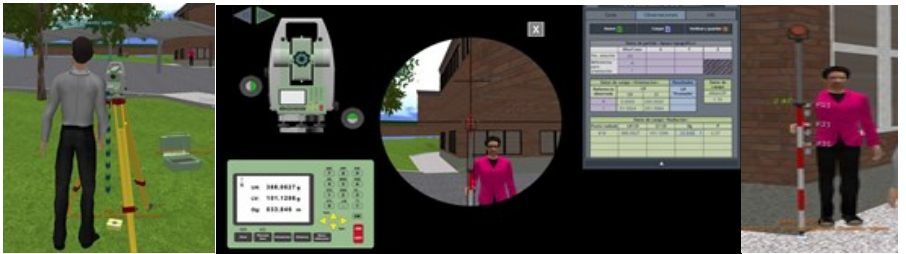


Figura 1. Módulo I Taquimetría. Práctica 2.4 Radiación .Capturas del visor Firestorm.

Además, TOPLAB permite “verificar” la coherencia de las observaciones y la bondad de los cálculos topográficos, proporcionando una calificación automática del trabajo realizado. TOPLAB, producido por GATE UPM (Gabinete de Tele educación), es una iniciativa del grupo de innovación educativa INNGEO de la ETSITGC para los grados en Ingeniería Geomática e Ingeniería de las Tecnologías de Información Geoespacial.

TOPLab
P2.1. Observación vuelta horizonte VH-NO

Calificación no supervisada: **8.3**

Datos de partida (Apoyo topográfico)			
Hito/Cono	X	Y	
Pto. estación	47	446464.884	4471066.263
Referencias para orientación	H	446534.444	4471104.093
	C	446503.274	4471149.043

Datos de campo				Resultados
Cono visado	CD	LH	CI	LH "Promedio"
H	0.0000	209.0080		0.0040
C	359.3549	159.3629		359.3089
A	352.0967	152.0977		352.0967
B	355.0566	155.0576		355.0566
D	363.5905	163.5915		363.5905
Ref. 1 (clerme)	0.0000	199.9991		399.9996
				0.0044

Verificar y guardar

Resultados (Desorientación de la VH)			
Ref. observada	Acimut	Desorientación	Desorientación promedio
H	68.2895	68.2855	68.2855
C	27.6444	68.2855	

Resultados (Cálculo de acimutes VH)		
Cono visado	LH "Promedio"	Acimut
H	0.0040	68.2895
C	359.3589	27.6444
A	352.0967	20.3822
B	355.0566	23.3421
D	363.5905	31.8760

Figura 2. Verificación y Calificación de la práctica 2.1 VH No Orientada. Captura del Hud de TOPLAB en el visor Firestorm

Dirigido a profesores y alumnos de la UPM, de otras universidades y de Formación Profesional que imparten la materia Topografía, su intención final es ofrecer en abierto este recurso didáctico a cualquier usuario que, con acceso a Internet, esté interesado en el área de la Geomática, en particular en las observaciones topográficas. La realidad virtual está siendo utilizada para enriquecer el desarrollo de clases prácticas convencionales y suplir algunas de sus carencias. Múltiples estudios han analizado las aportaciones didácticas que una plataforma de laboratorios virtuales puede ofrecer en la enseñanza, particularmente de las ingenierías. Además, proporciona facilidad de acceso, mediante el uso de un navegador y en horario totalmente flexible, a un número prácticamente ilimitado de alumnos, a prácticas que requieren instrumental muy costoso y condiciones atmosféricas favorables en el caso de observaciones topográficas. Las prácticas virtuales suponen una oportunidad inmejorable para el autoaprendizaje adaptado a las necesidades de cada alumno. Así, TOPLAB se revela como un potente y eficaz recurso didáctico para obtener el mayor aprovechamiento de las prácticas de campo, tanto antes de su realización en presencial (clase invertida), como para, posteriormente, reforzar dichas prácticas pudiéndolas repetir sin problemas de disponibilidad de instrumental, horario, etc. Cabe destacar que TOPLAB asiste a los alumnos (y usuarios en general) a través del “Tutor Virtual” y ofrece una eficaz retroalimentación inmediata mediante los procedimientos implementados de “Verificación”, ya que el alumno comprueba su trabajo justo después de realizarlo y puede completar, corregir, reobservar o recalcular, tantas veces como necesite, hasta llegar a resultados correctos.

(continúa en la página 6)

Prof. Dra. Rosa M. Chueca, Prof. José Manuel Benito, Prof. Marina Martínez

SIRGAS y el Marco de Referencia Geodésico en las Américas (UN-GGIM: Américas)



Marco de Referencia Geodésico, la base de la información geoespacial:

Debido a que la Tierra está en constante movimiento, se necesita un punto de referencia preciso para realizar mediciones. La geodesia proporciona un marco de referencia de coordenadas muy preciso y estable para todo el planeta: un Marco de Referencia Geodésico Global. Este sistema de coordenadas nos permite relacionar las medidas tomadas en cualquier lugar de la Tierra con medidas similares tomadas en un momento o lugar diferente. Existe una demanda creciente de un marco de referencia geodésico global. Monitorear los cambios en la Tierra es importante para los estudios ambientales y para la economía global. Es la base de la información geoespacial y la navegación que se utiliza en muchas Ciencias de la Tierra y aplicaciones sociales y en toda una serie de industrias, como la construcción, la minería, la agricultura, las transacciones financieras y el transporte.

La Creación de UN-GGIM (Comité de Expertos sobre la Gestión Global de la Información Geoespacial de las Naciones Unidas) y SubComité de Geodesia: El 27 de julio de 2011, el Consejo Económico y Social (ECOSOC) reconoció la necesidad de promover la cooperación internacional en el campo de la información geoespacial mundial, y decidió establecer el Comité de Expertos sobre la Gestión Global de Información Geoespacial (UN-GGIM) mediante la Resolución ECOSOC 2011/24. El objetivo principal de UN-GGIM es desempeñar un papel de liderazgo en el establecimiento de la agenda para el desarrollo de la información geoespacial mundial y promover su uso para hacer frente a los principales desafíos mundiales. Proporciona también un foro para el enlace y la coordinación entre los Estados Miembros, y entre los Estados Miembros y las Organizaciones Internacionales vinculadas con la producción de información geoespacial y estadística.

En la Segunda Sesión de UN-GGIM, celebrada en la ONU (Nueva York) del 13 al 15 de agosto de 2012, se destacó la importancia de la infraestructura geodésica global y se reconoció que este comité podría, entre otros muchos objetivos, facilitar la cooperación internacional para garantizar la interoperabilidad de los datos espaciales alentando el intercambio de datos geodésicos entre países.

En la Tercera Sesión de UN-GGIM, celebrada del 24 al 26 de julio de 2013 en Cambridge (Reino Unido), UN-GGIM-AP presentó un informe recomendando que el Comité de Expertos establezca un Grupo de Trabajo para desarrollar el borrador del texto de una Resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas que reconozca el papel y la importancia del Marco Geodésico Global de Referencia (GGRF) y los esfuerzos asociados de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) y el Sistema Global de Observación Geodésica (GGOS).

El Grupo de Trabajo de UN-GGIM sobre el marco de referencia geodésico global (GGRF) se creó en enero de 2014 y los borradores de los Términos de Referencia, la Resolución y la Nota Conceptual se desarrollaron y se presentaron a la Cuarta Sesión de UN-GGIM en agosto del mismo año.

En su 80ª Sesión Plenaria de la Asamblea General de las Naciones Unidas, celebrada el 26 de febrero de 2015, se presentó y aprobó el proyecto de la resolución sobre un Marco de Referencia Geodésico Mundial para el Desarrollo Sostenible (A / RES / 69 / 266) el cual reconoce "la importancia económica y científica y la creciente necesidad de contar con un marco de referencia geodésico mundial exacto y estable para la Tierra [...], combinando la determinación geométrica de la posición y las observaciones relativas al campo gravitacional, como la base y referencia del lugar y la altitud para la información geoespacial, utilizada en muchas aplicaciones de la sociedad y de las ciencias de la Tierra, incluida la vigilancia del nivel del mar y del cambio climático, la gestión de peligros naturales y desastres, así como toda una serie de aplicaciones industriales (como la minería, la agricultura, el transporte, la navegación y la construcción, entre otras) en que la determinación precisa de la posición aumenta la eficacia".

En la sexta sesión de UN-GGIM, celebrada en Nueva York del 1 al 5 de agosto de 2016, el Comité de Expertos respaldó el establecimiento de un Subcomité de Geodesia, y solicitó al subcomité que determinara sus modalidades y métodos de trabajo.

En su séptima sesión, celebrada en Nueva York del 2 al 4 de agosto de 2017, el Comité de Expertos adoptó la decisión 7/103, en la que aprobó el establecimiento formal y la composición del Subcomité de Geodesia, y estuvo de acuerdo con los términos de referencia propuestos.

Hacia el Grupo de Trabajo GRFA UN GGIM-Américas: En el Side Event Américas de la 9ª Sesión UN-GGIM celebrada en Nueva York en agosto de 2019, Estados Unidos propone la creación de un nuevo grupo de trabajo geodésico en el marco de UN-GGIM: Américas. Argentina, con el apoyo de otros países de la región, propone que no deben duplicarse estructuras, y explica la trayectoria de SIRGAS en los últimos 26 años. Durante la Sexta Sesión de UN-GGIM: Américas en Octubre 2019, fue aprobada la Resolución 5/2019 que apoyó la propuesta de crear un equipo de tareas, integrado por el Comité Ejecutivo de SIRGAS, delegados de las Américas en el subcomité de Geodesia de UN-GGIM y los Estados Miembros interesados, para definir los Términos de Referencia (TdR) del grupo de trabajo propuesto, en espera de una consideración adicional en la próxima reunión de SIRGAS.

En la 7ª sesión UN-GGIM: Américas en octubre de 2020, fue aprobada la creación del GT GRFA UN-GGIM: Américas y sus TdR, a través de la resolución 6/2020, la cual, entre otros aspectos "Respaldó la creación del Grupo de Trabajo del Marco de Referencia Geodésico para las Américas (GRFA), que supervisaré el Comité Ejecutivo de SIRGAS".

El primer objetivo general del GRFA será: Apoyar a las Naciones de las Américas en su respuesta a la Resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas con el título "Un Marco de Referencia Geodésico Global para el Desarrollo Sostenible" (A/RES/69/266) bajo las recomendaciones del Subcomité de Geodesia del Comité de Expertos sobre la Gestión Global de la Información Geoespacial (UN-GGIM SCoG) y los lineamientos científicos emitidos por la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) y el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS).

Otro objetivo general es el de coordinar y asistir a los Estados Miembros en sus esfuerzos para asegurar la sustentabilidad y mejora del GRFA, como un facilitador crucial de la interoperabilidad de los datos espaciales, la mitigación de riesgo de desastres y el desarrollo sostenible.

El grupo de trabajo se llamará "Grupo de Trabajo del Marco de Referencia Geodésico para las Américas" (GRFA), dependiente del Comité Regional de las Américas sobre la Gestión Global de la Información Geoespacial (UN-GGIM: Américas) y abreviado solo como Grupo de Trabajo GRFA.

Algunos de sus objetivos específicos más importantes son los siguientes:

- *Asistir y recomendar a las Naciones de las Américas estructuras de gobernanza apropiadas para implementar el GRFA.
- *Apoyar y recomendar a las Naciones de las Américas estándares y lineamientos adecuados para implementar el GRFA.
- *Fomentar la cooperación entre las Naciones de las Américas para abordar las brechas de infraestructura geodésica y evitar duplicaciones de esfuerzos hacia el desarrollo de un GRFA más sostenible.
- *Promover y proporcionar mecanismos para el desarrollo de capacidades y la transferencia de conocimientos en el campo de la geodesia entre las Naciones de las Américas a través del apoyo a talleres técnicos y simposios organizados por SIRGAS y otras instituciones.
- *Hacer que los marcos de referencia geodésicos global y panamericano sean más visibles y comprensibles para la sociedad.
- *Coordinar y asistir los esfuerzos científicos de SIRGAS y de otras instituciones Americanas en la implementación de muchos de los objetivos específicos antes indicados.
- *Promover que SIRGAS genere nuevas alianzas estratégicas en el campo científico para asegurar que el GRFA sea accesible para su implementación en todas las regiones de las Américas, incluidas las naciones que no son miembros activos de SIRGAS.

En cuanto a la composición del GT GRFA, hay 3 categorías, *Miembros:* la membresía está abierta a todos los Estados Miembros de las Américas, los cuales pueden designar sus delegados nacionales (representantes) y suplentes para participar en el Grupo de trabajo GRFA. *Observadores:* pueden ser invitados a reuniones y contribuir al Grupo de Trabajo de GRFA, incluso de otras instituciones, organizaciones profesionales, de investigación y académicas o asociaciones interesadas en programas geodésicos. *Copresidentes:* El presidente y el vicepresidente de SIRGAS actuarán como copresidentes del Grupo de trabajo GRFA.



Como podemos concluir, para avanzar en los referenciales geodésicos de precisión en el continente americano, además de las capacitaciones y actividades científicas brindadas por SIRGAS, se necesita una total sintonía con los tomadores de decisión a través del GT GRFA UN-GGIM:Américas al lado de SIRGAS, para que este esfuerzo sea adoptado por todos los países.

Dra. Sonia Alves Costa y M.Sc. Agrim. Diego A. Piñón
Presidente y Vice-Presidente de SIRGAS

INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE REFERENCIA EN EL CÁLCULO DE COORDENADAS DENTRO DEL MARCO GEODÉSICO DE COSTA RICA CR-SIRGAS

Introducción: Costa Rica, gracias a grandes esfuerzos a nivel nacional e internacional, cuenta con la mejor referencia geodésica de su historia, no solo por la calidad y exactitud de las observaciones y de las coordenadas finales, sino que también representa la base para estudios y análisis que trascienden las tareas habituales de la agrimensura y el catastro, como son el mantenimiento de una Infraestructuras Nacional de Datos Espaciales, ofreciendo información moderna a la administración para la toma de decisiones y apoyo a la realización de estudios científicos. Este marco geodésico de referencia nacional denominado como CR-SIRGAS está enlazado al ITRF por medio de un conjunto de estaciones GNSS activas, que forman parte de la red SIRGAS-CON (Moya et al., 2021). La implementación de este marco se redujo a la época 2014,59 (semana 1803) asociado a IGB2008 (DE 40962-MJP, 2018), mientras que su más reciente actualización está referido a la época 2019,24 (semana 2046) asociado al marco IGB2014 (DIG001, 2020). De conformidad con las directrices nacionales, los levantamientos topográficos, independientemente de la metodología de captura de la información y cuya finalidad sea catastral, deberán estar referidos a la primera versión de CR-SIRGAS, en 2014,59 (DRI, 2020). De ahí que surge entonces una serie de interrogantes en los profesionales y usuarios que día a día levantan y procesan información espacial en cuanto a cuál puede ser un camino viable para trasladar los resultados dados en una determinada época de observación, a la actual referencia oficial y después a la época solicitada. Se presentan los resultados de una variante aplicada a las mediciones GNSS efectuadas en julio de 2021 sobre un punto denominado SAPO y sus diferencias en las dos distintas referencias del marco geodésico CR-SIRGAS.

Metodología: Como parte de los servicios que prestan las universidades públicas al estado costarricense, en julio de 2021 un grupo de académicos de la ETCG efectuó la monumentación y medición de un punto en el Cerro El Sapo, localizado en el sector sur de Costa Rica a más de 2800 m de altura. El resultado de la sesión de medición fue procesado y ajustado por medio de un programa comercial, en el cual se contemplaron archivos de órbitas finales del IGS, correcciones a los centros de fase del equipo y coordenadas semanales finales de SIRGAS (SIRGAS, 2021). El vínculo se realizó a las estaciones GNSS activas denominadas LIMN, RIDC, PUNT, SAGE y NEIL, cuya administración nacional está a cargo del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica (IGNCR). En la Fig. 1 se presenta la ubicación de estas 5 estaciones, la ubicación del punto SAPO y las líneas base usadas en el proceso de cálculo.

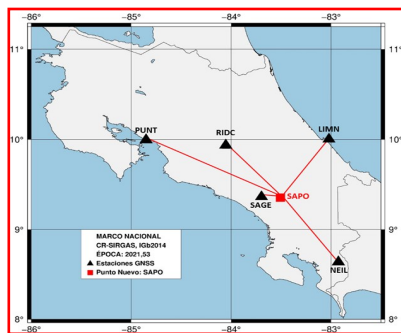


Figura 1. Ubicación de las 5 estaciones GNSS activas, el punto pasivo SAPO y las líneas base usadas como observaciones. Mapa compilado con Generic Mapping Tools (GMT) versión 6.0.0

Un primer proceso de ajuste brindó las coordenadas cartesianas de SAPO reducidas a la época de observación $t_1 = 2021,53$ semana 2166. Luego, usando las mismas observaciones se realizó otro proceso de ajuste, tomando las coordenadas semanales de las estaciones de vínculo a la época de referencia $t_0 = 2019,24$ semana 2046, obteniendo coordenadas de SAPO en esta época. Y finalmente, estas coordenadas se transformaron a la época $t_k = 2014,59$ semana 1803 según la directriz nacional aplicando los parámetros determinados por el IGNCR, los cuales son los oficiales en el país (DIG001, 2020). En la figura 2 se muestra cada una de las épocas de referencia en las cuales se dieron coordenadas del punto SAPO y la respectiva versión de CR-SIRGAS.

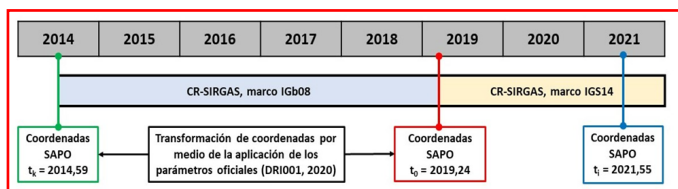


Figura 2. Épocas de referencia para el conjunto de coordenadas del punto pasivo SAPOS dentro de CR-SIRGAS. Elaboración personal.

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en coordenadas cartesianas geocéntricas y en coordenadas cartográficas según la proyección oficial del país denominada CRTM05.

Marco	Época	Semana	X [m]	Y [m]	Z [m]	N [m]	E [m]
CRSIRGAS IGB2014	t_1 2021,53	2166	710434,159 $\pm 0,003$	-6255813,821 $\pm 0,015$	1030132,301 $\pm 0,004$	1034301,617 $\pm 0,006$	552609,805 $\pm 0,005$
CRSIRGAS IGS2014	t_0 2019,24	2046	710434,113 $\pm 0,017$	-6255813,849 $\pm 0,071$	1030132,260 $\pm 0,020$	1034301,573 $\pm 0,031$	552609,757 $\pm 0,025$
CRSIRGAS IGB2008	t_k 2014,59	1803	710434,053	-6255813,838	1030132,177	1034301,493	552609,698

Tabla 1. Resultados de las coordenadas geocéntricas y cartográficas del punto SAPO para las épocas consideradas. Elaboración personal

Conclusiones: Los resultados confirmaron la importancia de considerar la época de referencia cuando se está trabajando con observaciones GNSS dentro de un marco de referencia moderno como CR-SIRGAS. En la Tabla 1, se nota como la exactitud en las coordenadas geocéntricas en la época 2019,24 baja con respecto a la determinación inicial en 2021,53 en un factor casi de 5 para X y Z, y en un factor de más de 6 para la coordenada Y, lo cual repercute en la exactitud de las coordenadas cartográficas y por consiguiente en la georreferenciación de la información.

En la Tabla 2 se resumen las discrepancias en las coordenadas contemplando las distintas épocas. Se aprecia que las diferencias a la época 2019,24 están entre 2,8 cm y 4,5 cm para [XYZ] y 4,6 cm en promedio en las cartográficas. Sin embargo, al tomar la referencia 2014,59, las diferencias crecen al orden decimétrico en X y Z y en las cartográficas, lo cual es evidente ya que se tiene una diferencia temporal de casi 7 años, a la cual no se llegó por medición directa, sino por un proceso de cálculo y la aplicación de una transformación de coordenadas. Deberá el usuario final valorar si las potenciales diferencias representan alguna influencia importante dentro de sus proyectos en conformidad con la exactitud y la normativa.

Épocas	Δt [años]	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]	ΔN [m]	ΔE [m]
$t_1 - t_0$	2,29	-0,045	-0,028	-0,041	-0,044	-0,048
$t_0 - t_k$	4,65	-0,061	0,011	-0,083	-0,080	-0,059
$t_1 - t_k$	6,94	-0,106	-0,017	-0,124	-0,124	-0,107

Tabla 2. Cuantificación de las discrepancias en las coordenadas cartesianas y cartográficas del punto SAPO contemplando las distintas épocas de referencia. Elaboración personal

Referencias:

- *DIG001 (2020). Parámetros de transformación para pasar de las épocas 2014,59 a la 2019,24 en el ITRF14 correspondiente con CR-SIRGAS. Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica. Registro Inmobiliario. Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=92346&nValor3=122231&strTipM=TC
- *DRI001 (2020). Sobre el formato y enlace al Marco Geodésico para la georreferenciación de levantamientos catastrales. Subdirección Catastral. Registro Inmobiliario. Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=92618&nValor3=122685&strTipM=TC
- *Moya, J., S. Bastos y A. Álvarez (2021). Parámetros de transformación entre los marcos geodésicos CR05 y CR-SIRGAS, contemplando diferentes soluciones ITRF. Revista de Ingeniería. Universidad de Costa Rica. DOI 10.15517/ri.v31i1.43854. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/43854>
- *SIRGAS (2021). Coordenadas semanales de las estaciones SIRGAS-CON. Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas SIRGAS. Disponible en: <http://www.sirgas.org/es/sirgas-con-network/coordinates/weekly-positions/>
- *Decreto Ejecutivo N° 40962-MJP. Actualización del Sistema Geodésico de Referencia Horizontal Oficial para Costa Rica. La Gaceta N° 66 del 17 de abril de 2018. Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=86299&nValor3=111886&strTipM=TC
- *Wessel, P., J. F. Luis, L. Uieda, R. Scharroo, F. Wobbe, W. H. F. Smith and D. Tian (2019) The Generic Mapping Tools Version 6, Geochesmtry, Geophysics and Geosystems, 20, pp 5556-5564, <https://doi.org/10.1029/2019GC008515>

Dr.-Ing. Jorge Moya Zamora (jorge.moya.zamora@una.cr)
M.Sc. Sara Bastos Gutiérrez (sara.bastos.gutierrez@una.cr)
M.Ed. Gabriela Cordero Gamboa (gabriela.cordero.gamboa@una.cr)
M.Sc. Diana Paniagua Jiménez (diana.paniagua.jimenez@una.cr)

Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia.

Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica

UN PALIMPSESTO DE LAS TECNOLOGÍAS DEL LIDAR.

LIDAR, Light Detection and Ranging, Medidor de Distancia por medio de Luz. Esta palabra invoca primariamente en nuestra mente, equipos a bordo de aviones realizando levantamientos cartográficos de grandes extensiones de terreno (Fig. 1). Si bien es cierto que las primeras apariciones y aplicaciones datan de los años 60, en Venezuela la empresa Tranarg ya disponía de un láser que a bordo del avión iba paralelamente a los levantamientos fotogramétricos, tomando un perfil de las alturas del terreno. Y aunque es cierto que los lidars de Honeywell, Teledyne-Optech, Leica, Riegel y otros equipos millonarios en costo, son los más representativos para la cartografía de grandes extensiones, quizás más posiblemente, en nuestras vidas, nunca los vamos a llegar a ver. En contraste aparecen otras necesidades y se crean otros dispositivos lidar medidores de distancia y coordenadas en tierra o en el aire, que forman parte de los topógrafos e ingenieros en cualquier construcción.

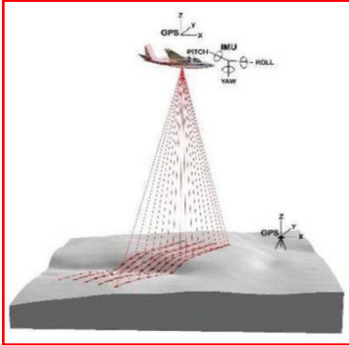


Figura 1. Levantamiento fotogramétrico con lidar (Fuente: <https://www.rpas-drones.com/levantamiento-lidar-fotogrametrico-uav-al-rotativa/>)

Nos referimos a los escáneres terrestres bien sea del tipo estático como los de Faro, Topcon o Leica, o los que van a bordo de los drones UAV, o los móviles que levantan dinámicamente usando la técnica del SLAM. Pero no son estos los que masivamente vamos a tener con nosotros, los mencionados son escáneres con precios actuales que pasan los 50.000 US\$ y nos quedamos muy cortos. Los que predominarán serán lidars, que tendrán un costo por debajo de los 1000 US\$ dólares y que formarán parte de nuestros equipos de uso diario, como los vehículos inteligentes, robots, cámaras lidar de seguridad, monitoreo de puertos, estacionamientos y áreas críticas, y que forman parte de algunos teléfonos celulares inteligentes, incluso los PC estarán dotados del mismo.

Se crearán miles de aplicaciones app para estos dispositivos, que además de la capacidad de medir escenas a distancias de varios cientos de metros, usarán la inteligencia artificial -AI-, para reconocer objetos y reaccionar ante los mismos. Hay que destacar que salvo algunas excepciones de lidars, que usan la fase para la medición de distancia, la mayoría lo realizan por el método TOF o Tiempo de Vuelo de la Señal, con opciones de modulación chirp y de otras complejidades de ondas patentadas y de uso exclusivo por las empresas creadoras. No es fácil en un par de páginas describir todo lo referente a esta tecnología, pero vamos a tratar de hacerlo. Primeramente, vamos a distinguir dos tipos de lidar: LIDAR QUE NO ESCANEA y LIDAR QUE ESCANEA (Fig. 2).

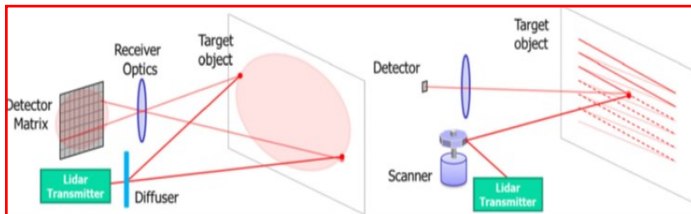


Figura 2. Lidar que no escanea (Izq.) y Lidar que escanea (Der.) Fuente: MEMS based Lidar for Autonomous driving. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00502-018-0635-2>.

Los lidars que NO ESCANEAN, son los llamados Flash LIDAR, y de los cuales ya Microsoft ha sacado una pequeña cámara, y Apple lo tiene incorporado en su nuevo Hi-Pad. Son similares a una cámara fotográfica SVGA, toda la escena se ilumina instantáneamente con la luz de un láser, y simultáneamente se realiza la medición en todos los píxeles, a la velocidad de 30 pantallazos por segundo, y precisión de 15 mm; al momento solo alcanzan unas decenas de metros, pero prometen a corto plazo, incrementar su distancia de observación, para que sirvan para el mercado automovilístico. La colección de puntos depende de la rapidez de la memoria y estrategia de lectura implementada. Al igual que en las cámaras usadas en los UAV, tenemos el espacio XY en la matriz de píxeles, y la Z que corresponde a la medición de distancia, las cuales transformamos con la ayuda del IMU y del GNSS a coordenadas locales. Adicional a este proyecto miniatura de Microsoft, Ouster ha presentado un arreglo en CMOS SPAD de 140.000 píxeles con 15.000 VSCOLS, y la novedad es, que en el mismo sustrato de los SPAD se han desarrollado segmentos lógicos, que pudiesen realizar procesos en tiempo real de la información que le va llegando, como control del ruido del foco, intensidad luminosa etc., en este diseño todos los láser se encienden al mismo tiempo y crean la imagen en forma simultánea, la tecnología la denominan "Global Shutter".

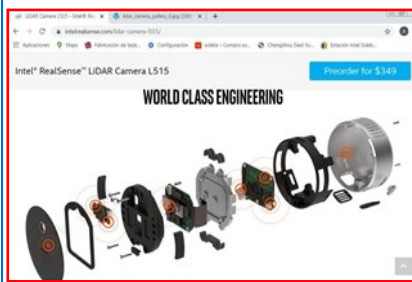


Figura 3. Intel® RealSense™ LIDAR Camera L515 (Fuente: www.amazon.com)

Según los expertos, estas tecnologías tienen una escalabilidad regida en apariencia por las leyes de Moore, por lo que podemos esperar más densidad a corto plazo, y a menor costo. El sistema tiene una ventana amplia y rápida, pero el problema se presenta para la visibilidad horizontal de 360 grados, que hasta ahora la única solución ha sido la rotación de los sensores, pero conocemos que están trabajando en un modelo con varias cámaras lidar, en un arreglo triangular, e incluso con ocho cámaras, en la figura de un octágono, que solapando las imágenes en los extremos de las ventanas, extenderá su visibilidad a 360 grados, sin implicaciones de rotación mecánica.

En la Fig. 2, el esquema de un lidar que escanea, el rayo láser es desviado de derecha a izquierda y viceversa, en este caso por medio de un prisma, que también puede ser por medio de un espejo, y el punto láser toca en tierra el objetivo, y se regresa hasta el detector único. La señal tiene una etiqueta, con el acimut, distancia y tiempo exacto en sincronismo con el IMU, y el disco codificador del prisma rotatorio, por lo que las coordenadas las podemos fácilmente llevar del espacio de medición del lidar, al espacio de coordenadas locales.

Algunas empresas ofrecen el lidar sin nada más, solo para ver aplicaciones de escenas, tipo radar óptico, similar a una pantalla de monitor, pero si vamos a levantar terrenos, o nos movemos en un vehículo en forma automática e inteligente, siguiendo los mapas publicados, nuestro lidar debe estar equipado con un IMU (unidad de medición inercial) y un sistema GNSS. Y es aquí donde existe una gran competencia, lidars con IMU económicos de poca calidad, que nos darán coordenadas pobres y sin calidad en los levantamientos topográficos con drones, donde tenemos varias posibilidades para su mejora, la más sencilla, es dejar que la plataforma lidar asigne coordenadas y después en tierra con una buena colección de puntos de control, se rectifica y georreferencia en forma adecuada. La segunda es con PPK, donde el sensor lidar guarda los datos brutos del GPS y del IMU, y se realiza un post proceso una vez en tierra, donde después se validan con algunos puntos de control. Y la tercera, que siendo la más fácil de implementar, hay que tomar muchas precauciones, que consiste en realizar el vuelo con el GNSS en modalidad RTK, donde asumimos que todas las coordenadas asignadas en vuelo, van a ser correctas y con una Base RTK precisa. Por lo general, estos vuelos RTK, guardan también los datos brutos y se postprocesan tipo PPK para poder ver residuos de errores y eliminar algunos existentes. Aunque hay quienes promocionan que estos vuelos no necesitan puntos de control, es un gran error, ya que ningún sistema electrónico, es infalible, y deseamos a posteriori, tener un control de calidad QA, QC, para nuestro levantamiento. Estos procesos de Aseguramiento y Control de Calidad de las coordenadas se deben realizar, independientemente del tipo de lidar, procedimiento o sensor utilizado.

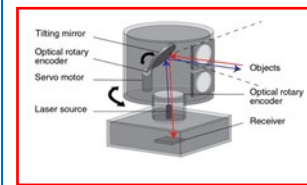


Figura 4. Velodyne HDL-64.S2 (Fuente: <https://daydaynews.cc/en/car/lidar-vs-camera-how-should-autonomous-driving.html>)

Los LIDARES que ESCANEAN, los podemos dividir en dos categorías, MECÁNICOS OPTOELECTRÓNICOS y NO MECÁNICOS O DIGITALES. Los Mecánicos Optoelectrónicos Análogos, son los que durante más de 20 años han dominado el mercado, las marcas representativas de ellos son los Riegel, Velodyne, Sick, Ouster, LIVOX y algunos más (Fig. 4). Generalmente un prisma o un conjunto de espejos giran horizontalmente y la salida de uno o varios rayos, que denominan canales, otros le llaman líneas, van, tocan el objetivo y regresan, ocasionando la medición del punto. Suelen ser muy complejos internamente, ya que cada canal necesita un láser y un receptor, apilados verticalmente, y cada emisor de láser, tiene una desviación angular respecto al anterior, para crear la ventana FOV, vertical, que en la mayoría de los casos con 64 canales no pasa de ser de 25 grados. Es decir, vamos a tener una posición horizontal dada por el movimiento del motor y otra vertical que corresponde a la asignación del canal láser. Se vienen usando en los vehículos y drones, pero, el problema es su alto precio, un buen Velodyne de 125 canales puede costar más de \$80.000, es decir supera el precio de un Tesla, que lo llevaría de acceso.

(Este artículo continuará en la próxima edición de Geom@II)

**Ing. Antonio Márquez
MECINCA, Venezuela
mecinca@mecinca.net**

PLANOS DE MENSURA Y CERTIFICADOS DE ELEVACIÓN EN EL ESTADO DE TEXAS, EE. UU.

Los Estados Unidos de Norteamérica se caracterizan por tener un sistema de coordenadas planas para cada estado, estos a su vez, se encuentran divididos en zonas que varían desde una hasta un máximo de nueve, dependiendo del tamaño y forma de cada uno de ellos. Estados como Carolina del Norte, Carolina del Sur y Tennessee, entre otros, poseen una sola zona; mientras que otros como Texas, California y Alaska poseen 5, 6 y 9 respectivamente. Dependiendo de la forma de cada estado (extensos de Norte a Sur o de Este a Oeste), utilizan distintos sistemas de proyección como la transversa de Mercator o la cónica de Lambert. En cualquier caso, el meridiano central de la proyección generalmente recorre el centro aproximado de la zona. En el caso de Texas a pesar de ser muy extenso, la proyección que mejor se adapta es la cónica de Lambert.

Texas es un estado en constante crecimiento, caracterizado por ser un estado con pocos edificios altos, a excepción del centro de la ciudad, la mayoría de los edificios no superan los 3 pisos.

El catastro de cada ciudad se organiza de manera independiente por medio de sus departamentos de planificación y desarrollo, los cuales se encargan de actualizar las ordenanzas y consigo, todos los requerimientos necesarios para nuevas construcciones. Entre los permisos que se necesitan por parte de la ciudad (alcaldía) para las construcciones, se encuentran los levantamientos topográficos y certificados de elevación.

Para terrenos vacantes en los que se desea construir una casa o colocar un tráiler, los levantamientos de mensura se realizan para ubicar y establecer las esquinas de la propiedad por medio de cabillas (estas se entierran en las esquinas con un dispositivo indicando la información de la empresa). También se ubican todos los medidores, aceras, zanjas, postes, cercas y utilidades en el lote representado en el plano de mensura (figura 1). Este plano contiene información de lo ubicado en el sitio y de la descripción legal del mismo. La descripción legal comprende el número de lote, bloque en el que se encuentra, subdivisión a la que pertenece e información sobre el o los propietarios, la escala del dibujo y la información sobre el RPLS (Registered Professional Land Surveyor) quien firma el plano.

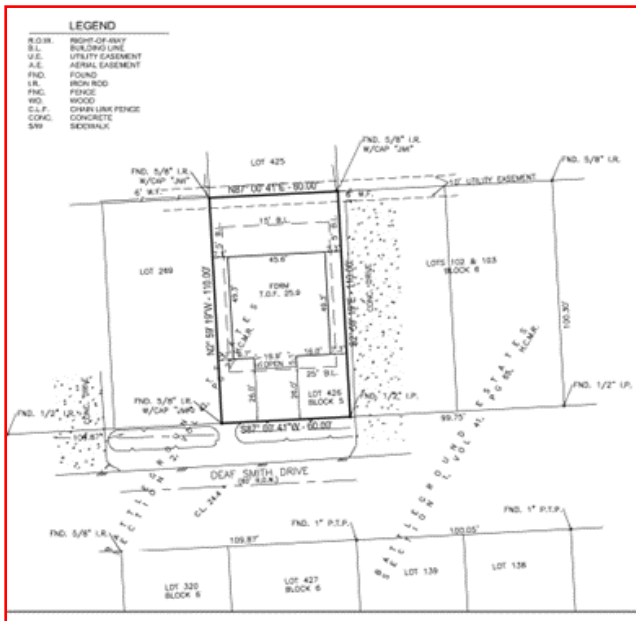


Figura 1. Plano de mensura. Fuente: Empresa J. Morales, Inc.

Estas cabillas son tomadas como referencia para el armado de la forma o encofrado que servirá de base para la estructura que se desea construir o colocar en el lote de terreno. A su vez, estas cabillas sirven de referencia para establecer el perímetro donde se debe construir o colocar la estructura que, para el caso de ciudades como Houston, South Houston, Pasadena y La Porte, entre otras, se debe dejar una distancia mínima de 25 pies (poco más de 8 metros); y se hallan excepciones como en los CUL DE SAC o callejones sin salida, en los que esta distancia se reduce a 20 pies, así también, esta norma aplica para otras áreas definidas según las normas y ordenanzas de cada ciudad.

La estructura también debe guardar un mínimo de 5 pies de distancia a ambos lados del terreno y en algunos casos, dependiendo de la ciudad, 10 pies de distancia desde la línea trasera de la propiedad. Esto asegura que ninguna construcción invada otra propiedad y permita el desarrollo de urbanismos con un enfoque arquitectónico para que no proliferen los conglomerados urbanos.

Por otro lado, se encuentra un factor muy importante a considerar en los desarrollos urbanísticos como es la altura. Después del 2017 cuando el Huracán Harvey devastó la ciudad de Houston y sus alrededores, la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, siglas en Inglés) a través de su programa nacional de seguro contra inundaciones, junto a las ciudades, están siendo más rigurosos con los requisitos mínimos que deben utilizarse para proporcionar la información de elevación necesaria para garantizar el cumplimiento de las ordenanzas de gestión de llanuras aluviales de la ciudad. Las áreas más propensas a inundaciones son las que se encuentran próximas a grandes zanjas de concretos y ríos pantanosos donde el agua de las lluvias dreña y tienden a desbordarse con las intensas lluvias.

Entre los requisitos indispensables para nuevas construcciones, se encuentran los certificados de elevación. Estos certificados son necesarios para determinar si la zona de estudio es propensa a inundaciones o no. Los mismos se realizan antes de la construcción, durante y al finalizar. El primero define la altura mínima a la que la casa debe ser construida o debe ser colocado el tráiler. Se toma siempre como referencia la altura que la FEMA establezca para dicha zona y la altura del centro de la calle ubicada frente al terreno en estudio. Se toma la más alta de estas alturas y se realizan los ajustes que no van más allá de una suma algebraica sencilla. El segundo certificado se realiza cuando la forma o encofrado está listo para el vaciado del concreto o los pilares están listos para la colocación del tráiler; y la finalidad es verificar que la altura de esta forma, encofrado o pilares sea la misma a la que se proporcionó cuando se realizó el primer certificado de elevación. Por último, el tercer certificado de elevación se realiza para verificar que la casa fue construida a la altura ya preestablecida anteriormente y esta es la utilizada para la obtención de los llamados seguros de inundaciones.

Los levantamientos topográficos y certificados de elevación son referidos a los benchmarks o marcas de referencias establecidas a lo largo y ancho de la ciudad para mantener un sistema homogéneo en cuanto a la verticalidad de las construcciones y obras de ingenierías que se realizan en el estado. El método más utilizado es medir con un equipo GPS o GNSS (figura 2) sobre la marca de referencia y comparar la altura obtenida con la altura establecida que posee esta marca de referencia y esa diferencia aplicarla a las alturas obtenidas durante el levantamiento topográfico y certificado de elevación, manteniendo así el sistema vertical uniforme en todo el Estado.

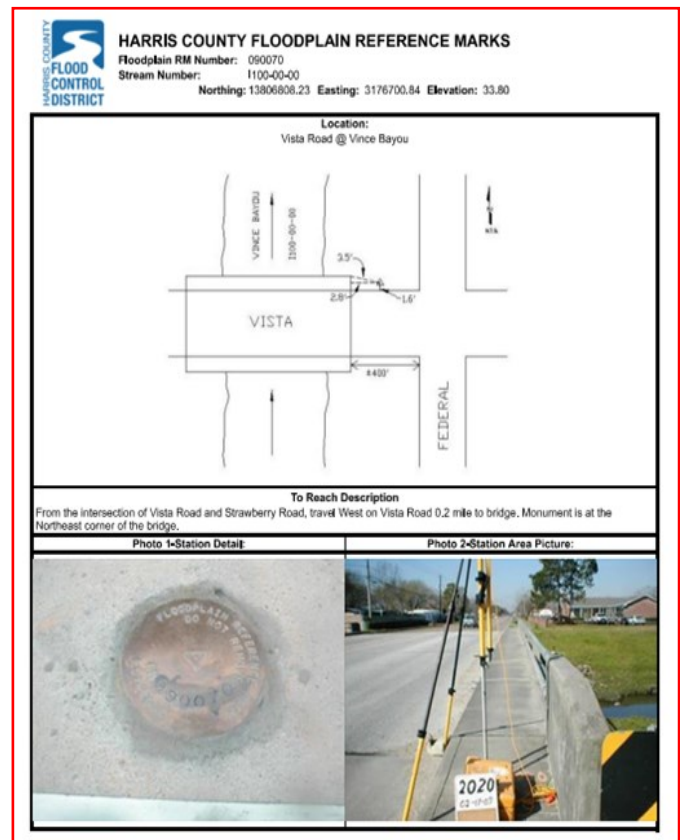


Figura 2. Medición GNSS sobre un Bench Mark. Fuente: <https://www.hcfd.org/Resources/Interactive-Mapping-Tools/Harris-County-Floodplain-Reference-Marks>

Ing. Ruber Álvarez
J. Morales, Inc.
Texas, EE. UU.

TOPLAB

Laboratorio virtual de observaciones topográficas de la UPM
(Universidad Politécnica de Madrid)

(viene de la Página 1)

Las prácticas se han diseñado con el objetivo, no tanto de facilitar el manejo del instrumental topográfico -cada vez más sencillo dadas sus facilidades electrónicas- sino de apoyar al alumno en la sistematización de los procedimientos: registro de los datos obtenidos en las observaciones y cálculos a realizar hasta llegar a los resultados finales. Esto resulta mucho más interesante desde un punto de vista didáctico.

La sostenibilidad de TOPLAB está asegurada por la fiabilidad de la plataforma 3dlabs.upm donde está alojado, junto con los demás laboratorios virtuales de la UPM, bajo el soporte técnico del GATE (Gabinete de Tele Educación).

Cada usuario debe registrarse en la plataforma y crearse su avatar. Además, debe instalar y configurar en su PC el visor *Firestorm* (software libre) para acceder al Gridlab UPM.

TOPLAB dispone de 2 módulos con 8 prácticas (Fig. 3).

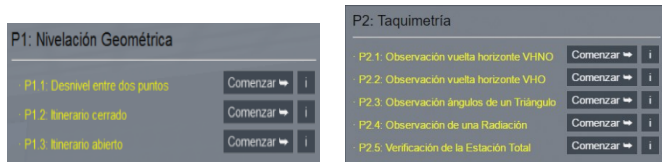


Figura 3. Menú de prácticas disponibles

Captura del Hud de TOPLAB en el visor Firestorm.

Actividad: El avatar acude al laboratorio de instrumental topográfico y selecciona la práctica a realizar, para la que se ofrece el acceso al oportuno tutorial (vídeo didáctico en YouTube Canal UPM, imprescindible para entender la práctica), donde se muestran, en “mundo real”, los elementos básicos del instrumental, accesorios, procedimiento de observación, detalle de datos a registrar, comprobaciones que deben hacerse en campo y cálculos que conlleva cada observación hasta lograr los resultados finales. También está disponible en Canal UPM el video tutorial de la práctica virtual, detallando el proceso tal como deberá hacerlo el alumno al interactuar con TOPLAB.

Al comenzar una práctica, se muestra la “Guía” con el detalle de operaciones que el alumno debe ir realizando para completarla.

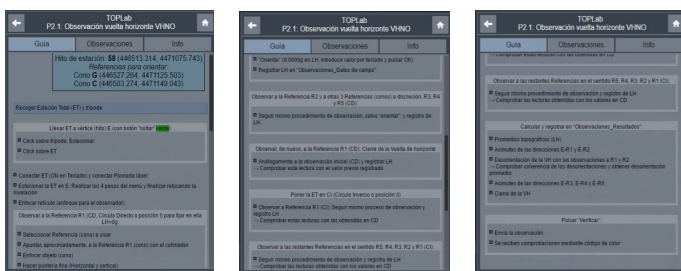


Figura 4. Guía de la práctica 2.1 *VH No Orientada* (incluye Marco de Referencia). Captura del Hud de TOPLAB en el visor Firestorm.

El avatar recoge el instrumental y accesorios necesarios, sale al “campo de prácticas” y estación. Al situar la mira o el prisma, aparece el oportuno ayudante soportándolos. El avatar realiza las observaciones, interactuando con el instrumental, obtiene los datos (lecturas de mira, lecturas angulares, distancias) y los teclea en el estadiillo de Observaciones.

Seguidamente, realiza los cálculos oportunos que también registra y, por último, verifica la coherencia de sus observaciones y la bondad de sus cálculos.

Cada práctica se considera finalizada cuando la verificación devuelva como resultado la aparición de todos los resultados “en verde”. Tras cada “Verificación”, el alumno recibe de inmediato la calificación correspondiente a los resultados obtenidos; esta calificación se puede ir mejorando con las correcciones oportunas si fuera necesario.

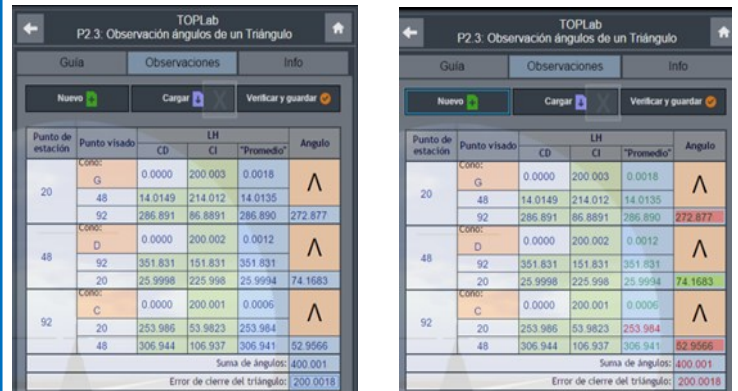


Figura 5. Registro de resultados y Verificación de la practica 2.3.

Captura del Hud de TOPLAB en el visor Firestorm

Usuarios registrados. Impacto: TOPLAB ha ido poniendo en funcionamiento prácticas en abierto desde 2018. A fecha julio 2021, se han registrado 355 usuarios (195 UPM y 160 invitados), que han verificado 666 prácticas, recibiendo retroalimentación en más de 3800 ocasiones (Tabla 1).

Usuarios	Prácticas					Total			
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2		2.3	2.4	2.5
Han verificado	111	13	9	222	93	59	90	69	666
Retroalimentación	512	90	124	1420	454	347	530	354	3831

Tabla 1. Prácticas “Verificadas” y retroalimentación 15/07/20

Para la evaluación directa del impacto se ha configurado, en *Google Forms*, una encuesta de valoración de la usabilidad de TOPLAB. A 15 de julio 2021 ha sido cumplimentada por 66 usuarios que han otorgado una calificación media de 3.1/4

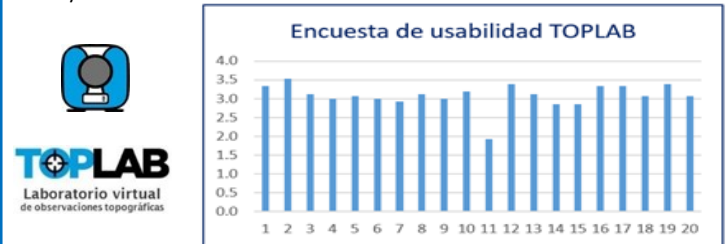


Figura 6. Resultados de la encuesta. Media para cada una de las 20 preguntas. 15/07/2021 (1: “Totalmente en desacuerdo” a 4: “Totalmente de acuerdo”).

Videos tutoriales TOPLAB publicados en Canal UPM YouTube

Práctica Enlace

- P1.1 <https://www.youtube.com/watch?v=0t8MWRtSbNs>
- P2.1 <https://www.youtube.com/watch?v=fbz1UgiGHQU>
- P2.2 <https://www.youtube.com/watch?v=uQF-VY9VYRc&t=5s>
- P2.3 <https://www.youtube.com/watch?v=wtxh9M3WZAw>

Más información acerca de TOPLAB en <https://3dlabs.upm.es/web/laboratorios.php#lab29> o josemanuel.benito@upm.es

Prof. Dra. Rosa M. Chueca
Prof. José Manuel Benito
Prof. Marina Martínez

Profesores de INNGEO. ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía. UPM



NOVEDADES SIGGMA

Desde la versión anterior de esta columna, hemos seguido avanzando, nos llena de orgullo compartir con ustedes que SIGGMA ha sido incorporada como Miembro Observador ante el Consejo Directivo de SIRGAS y acreditada como miembro de las Sociedades Profesionales del Centro de Ingenieros, Arquitectos y Afines del Estado Zulia (CIDEZ), hechos que sabemos van a contribuir con el crecimiento y fortalecimiento de nuestra Red Global.

Por otro lado y sin olvidar que uno de nuestros objetivos es brindar información de calidad para los profesionales de la Ingeniería Geodésica, Geomática y afines, hemos seguido realizando seminarios web gratuitos como lo fue el titulado "Conociendo la Suite gvSIG: Geomática libre, formación gratuita y casos de éxito alrededor del mundo" impartido por el director general de esta organización, Ing. Álvaro Anguix, quien con información de primera mano nos habló de la importancia de la información geoespacial y las potencialidades de gvSIG, mostrando su versión de escritorio (gvSIG Desktop), la opción gvSIG online y gvSIG MApps, así como las capacidades de formación de libre acceso que ofrece esta suite, mencionando algunas aplicaciones en la administración local, provincial, estatal y nacional, demostrando así que cuando se habla de gvSIG, se pone a disposición del usuario un software libre, potente, fácil de usar, desarrollado por una asociación internacional, con soporte profesional y en constante evolución.

Asimismo, sabiendo lo importante que es conocer el pasado para entender el futuro, dos personajes de gran relevancia para la geodesia en Latinoamérica, como lo son el Ing. José Napoleón Hernández y el Prof Melvin Hoyer, el primero como expositor y el segundo como moderador, nos brindaron sus conocimientos en el webinar "A 500 años de la primera circunnavegación del mundo por Magallanes y Elcano: la Geodesia durante el Renacimiento", recordándonos el primer viaje de circunnavegación alrededor del mundo de Fernando de Magallanes y Sebastián Elcano, entre 1519 y 1522, donde quedó demostrada una importante teoría científica para la época, la que involucró la primera figura geodésica de aproximación de la Tierra (la esfera), y se determinó que las dimensiones verdaderas de la Tierra, son mayores a las calculadas por Eratóstenes y Posidonio. Aunque la forma redonda de la Tierra se conocía desde la antigüedad, los resultados del viaje de Magallanes y Elcano, contribuyeron con el impulso geodésico durante El Renacimiento que, junto al planteamiento de la teoría heliocéntrica de Nicolás Copérnico, sirvió en la edad Moderna, para los futuros estudios geodésicos y astronómicos de Kepler, Tycho Brahe, Galileo, Newton, entre otros.

Deseamos aprovechar esta oportunidad para invitar a todos los lectores a las I JORNADAS DE INGENIERÍA GEODÉSICA APLICADA 2021, evento que estamos organizando en conjunto al Capítulo Estudiantil AAPG-LUZ, durante todos los sábados del mes de octubre para conmemorar nuestro 1er aniversario y el 63 de nuestra Escuela de Ingeniería Geodésica en LUZ, donde brindaremos distintas ponencias de la mano de profesionales expertos y estará dirigido a estudiantes y profesionales de Ingeniería Geodésica, Geomática, Agrimensura y afines. ¡Los esperamos!



Finalmente, no queremos despedirnos sin antes recordarles que para ahondar un poco más de esta información y encontrar mucho más contenido de calidad de forma gratuita les invitamos a visitar nuestro canal de YouTube SIGGMA-Red Global <https://www.youtube.com/channel/UCFlbw318PYneca-iLlfojSA>, nuestros medios digitales como @SIGGMXYZ y la página web www.siggma.world.

Equipo SIGGMA
www.siggma.world

EN POCAS PALABRAS.....

- ◆ **50 años de imágenes:** El pasado 27 de septiembre fue lanzado el LANDSAT 9. La página <https://www.nasa.gov/specials/landsat/> nos dice "Desde la órbita, el observatorio Landsat 9 continúa el legado de 50 años de observaciones de la Tierra desde el espacio. La misión Landsat es la piedra angular del programa de imágenes terrestres de Estados Unidos y continuará a medida que la NASA y el USGS desarrollen Landsat Next."
- ◆ **Nueva dirección de SIRGAS:** "...se decidió mover la página web de SIRGAS de www.sirgas.org a <https://sirgas.ipgh.org/>. El nuevo sitio está alojado en el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH). Contiene básicamente la misma información y datos que www.sirgas.org para que los usuarios de SIRGAS puedan asumir esta transición sin problemas y está operativa desde agosto de 2021."
- ◆ **Ingeniería Geodésica Aplicada:** SIGGMA y el capítulo estudiantil AAPG de La Universidad del Zulia invitan a las I Jornadas de Ingeniería Geodésica Aplicada 2021, con interesantes conferencias todos los sábados de octubre 2021. Para más información escribe a info@siggma.world.
- ◆ **IUGG, en Berlín, Alemania en julio de 2023:** La 28ª Asamblea General de la IUGG (Unión Internacional de Geodesia y Geofísica) se llevará a cabo del 11 al 20 de julio de 2023 en Berlín, Alemania. "Esta es una oportunidad especial para que los participantes de todo el mundo se reúnan y compartan su ciencia y cultura. Únase a nosotros para una serie de actividades científicas, que incluyen conferencias públicas especiales, conferencias magistrales de la Unión y una amplia variedad de sesiones temáticas". Más información en <https://www.iugg2023berlin.org/>.

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

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:

- ◆ Antonio Márquez
- ◆ Diana Paniagua Jiménez
- ◆ Diego Alejandro Piñón
- ◆ Equipo SIGGMA
- ◆ Gabriela Cordero Gamboa
- ◆ Jorge Moya Zamora
- ◆ José Manuel Benito
- ◆ María Martínez
- ◆ Rosa M. Chueca
- ◆ Ruber Álvarez
- ◆ Sara Bastos Gutiérrez
- ◆ Sonia Alves Costa