

Innovación tecnológica para la exploración geocientífica: enfoque en inmersión y visualización situada

Matías N. Selzer^{1,2}, M. Luján Ganuza^{1,2}, Antonini Antonella S.^{1,2}, Luque, Leandro E.^{1,2}, Urribarri, Dana K.^{1,2}, Larrea, Martín L.^{1,2}, Ferracutti, Gabriela R.³, Asiain, Lucía³, Bjerg, Ernesto A.³, y Silvia M. Castro^{1,2}

¹Laboratorio de I+D en Visualización y Computación Gráfica (VyGLab) (UNS-CIC)
Dpto. de Cs. e Ing. de la Computación, Universidad Nacional del Sur (DCIC-UNS)
{matias.selzer, mlg, antonella.antonini, leandro.luque, dku, mll, smc}@cs.uns.edu.ar

²Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Computación (UNS-CONICET)

³INGEOSUR, Dpto. de Geología, Universidad Nacional del Sur
gferrac@uns.edu.ar; {lasiain, ebjerg}@ingeosur-conicet.gob.ar

RESUMEN

Las tecnologías inmersivas están evolucionando a un ritmo acelerado, con constantes innovaciones y aplicaciones emergentes. Paralelamente, la visualización de datos se erige como una herramienta indispensable cuyo propósito fundamental es brindar información de distintos tipos de datos a través de representaciones visuales. La convergencia de las tecnologías inmersivas con la visualización de datos brinda la oportunidad de potenciar su utilidad, facilitando el análisis y comprensión de la información. Creemos firmemente que la implementación de tecnologías de XR (Realidad Extendida) en visualizaciones puede ofrecer importantes beneficios en diversos ámbitos, incluyendo las Geociencias. En este contexto, nuestro objetivo primordial consiste en contribuir al diseño y desarrollo de técnicas inmersivas integradas en visualizaciones situadas interactivas en 3D, con el propósito de mejorar la efectividad de los trabajos de campo de los geólogos. Estas herramientas aspiran a proporcionar una experiencia más envolvente y dinámica, facilitando la exploración de los datos geocientíficos y posibilitando la toma de decisiones fundamentadas sobre el terreno.

Palabras claves: Visualización Situada, Tecnologías Inmersivas, Tecnologías XR

CONTEXTO

Este trabajo se realiza en estrecha colaboración con investigadores de centros de investigación de reconocido prestigio como el INGEOSUR (Instituto Geológico del Sur CONICET-UNS) y el Departamento de Geología de la Universidad Nacional del Sur, y el VyGLab (Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Visualización y Computación Gráfica) del Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación (DCIC-UNS).

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías inmersivas, que fusionan la realidad con elementos virtuales como la Realidad Aumentada y la Realidad Mixta, o sumergen al usuario en entornos virtuales completos, como la Realidad Virtual, están evolucionando a un ritmo impresionante. La Realidad Extendida (XR) es una innovadora tecnología que integra la Realidad Virtual (RV), la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Mixta (RM). A medida que estas tecnologías digitales se vuelven cada vez más prominentes, no solo en el ámbito del entretenimiento, sino también en numerosos campos de la vida cotidiana y empresarial,

están generando importantes transformaciones sociales. Además de su utilización en el campo de los videojuegos, estas tecnologías tienen aplicaciones diversas en áreas como educación, entrenamiento militar y médico, turismo, salud mental y deportes.

La visualización de datos complejos es una herramienta fundamental que busca transmitir información mediante representaciones gráficas para ayudar a los usuarios a obtener una comprensión profunda de los datos y las relaciones entre ellos. La integración de la XR con la visualización de datos abre nuevas posibilidades para la percepción y la interacción con estas realidades. Esto implica la incorporación de elementos virtuales en el entorno físico o la creación de entornos completamente virtuales, lo que proporciona una variedad de formas innovadoras de explorar y manipular los datos.

En particular, creemos que la aplicación de tecnologías xr integradas en visualizaciones puede ser enormemente beneficiosa en diversas áreas, incluidas las geociencias. el trabajo de campo de los geólogos, que implica observaciones detalladas, recolección de muestras y análisis de datos en el lugar, puede beneficiarse significativamente de la visualización de datos in-situ mediante la XR. al vincular datos geológicos con el entorno físico y proporcionar herramientas informáticas en tiempo real, estas tecnologías pueden mejorar la eficiencia y la precisión de los trabajos geológicos de campo.

Además, la emergente noción de Visualización Situada, que busca integrar visualizaciones en contextos relevantes, puede ofrecer beneficios adicionales para los geólogos en el campo. Esto les permitiría acceder a documentación de soporte en tiempo real, así como explorar nuevas

estrategias de mapeo geológico vinculando datos recolectados y analizados previamente. La integración de mapas geológicos, mapas topográficos y datos de laboratorio en el entorno real puede simplificar y enriquecer la experiencia de campo, facilitando la asociación entre información en dos y tres dimensiones.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Las líneas de investigación y desarrollo específicas propuestas abordan los siguientes aspectos:

Diseño y desarrollo de herramientas de software para el campo de las Geociencias que incorporen técnicas inmersivas: Estas herramientas estarán diseñadas para integrar tecnologías de RA, RM y RV, lo que permitirá la interacción y visualización in-situ de datos geológicos de manera unificada. El uso efectivo de estas tecnologías en entornos exteriores plantea un desafío significativo en términos de visualización e interacción con la información. Sin embargo, no es imprescindible contar con dispositivos de hardware costosos para crear entornos de XR con los cuales los usuarios puedan interactuar. Dado el acceso a recursos humanos y tecnológicos disponibles a nivel nacional, es viable el desarrollo de estas tecnologías de manera local.

El objetivo es el diseño y desarrollo de una visualización integrada de diferentes estratos visuales que incorpore datos multidimensionales utilizados por geólogos (mapas geológicos, mapas topográficos, datos de campo, datos de perforaciones y datos químicos previamente obtenidos) en una aplicación móvil de RA. Esta iniciativa tiene como objetivo reducir la necesidad de utilizar múltiples tipos de soportes de información

(por ejemplo, esquemas en papel), facilitando así la interpretación de datos geológicos. Este enfoque busca optimizar la experiencia del geólogo en el campo al proporcionar una plataforma integrada que le permita acceder y manipular los diversos tipos de datos geológicos de manera más eficiente y conveniente. La implementación de esta visualización unificada en una aplicación móvil de RA tiene el potencial de mejorar significativamente la eficacia de las operaciones de campo y la toma de decisiones en el ámbito de las Geociencias.

3. RESULTADOS OBTENIDOS Y ESPERADOS

Se han obtenido resultados parciales en relación a los ejes de investigación presentados:

En cuanto al diseño y desarrollo de herramientas que integran tecnologías XR de bajo costo, se han logrado avances significativos. Se han desarrollado sistemas que permiten a los usuarios explorar entornos virtuales con una calidad visual excepcional, incluso a través de dispositivos móviles. Estas técnicas se han complementado con la implementación de detección de colisiones y la exploración de terrenos con diferentes cotas altimétricas, lo que habilita al usuario a interactuar en entornos virtuales más realistas [18, 19]. La exploración de mundos virtuales realistas y de gran escala representa un desafío complejo en el ámbito de las tecnologías inmersivas de bajo costo; sin embargo, ofrece una ventaja significativa en diversas áreas, como la geología, donde la exploración de vastos terrenos virtuales basados en entornos reales resulta invaluable.

En relación al diseño y desarrollo de una visualización unificada de distintos estratos

visuales, se ha realizado un progreso sostenido en este ámbito a lo largo del tiempo, especialmente en lo que concierne a la Visualización de Datos aplicada a las Geociencias [4,5]. Se han desarrollado nuevas técnicas de visualización específicamente dirigidas a datos geológicos, con aplicaciones en campos como la mineralogía y la prospección de recursos naturales [2, 6, 7, 8]. Además, se han logrado avances significativos en la visualización de datos multidimensionales en general, con técnicas que son fácilmente aplicables a datos provenientes del campo de las Geociencias [1, 3, 13, 16, 17]. Este trabajo continuo en el desarrollo de herramientas de visualización unificada promete mejorar aún más la comprensión y el análisis de datos geológicos en diversas áreas de aplicación.

4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

A continuación, se detallan los proyectos de investigación, las tesis finalizadas y en desarrollo y las becas obtenidas vinculadas con las líneas de investigación presentadas.

Proyectos de Investigación:

- PIBAA - CONICET (2872021010 0824CO) “Análisis Visual de Datos Multidimensionales sin Pérdida de Información”. Directora: Dra. M. Luján Ganuza.
- PGI 24/ZN38 “Tecnologías Inmersivas y Visualización Situada aplicadas a Geociencias”. Directora: Dra. M. Luján Ganuza.

Tesis en Desarrollo:

- “Realidad Aumentada Móvil en Exteriores para Visualización de Datos Geológicos”, tesis de Doctorado en Ciencias de la Computación. Alumno: Juan Manuel Trippel Nagel. Directores: Dra. Silvia Castro - Dr. Ernesto Bjerg.

-“Análisis Visual de Datos Multidimensionales”, tesis de Doctorado en Ciencias de la Computación. Alumna: Antonella S. Antonini. Directora: Dra. Silvia Castro. Codirectora: Dra. M. Luján Ganuza.

Becas:

-Antonella S. Antonini. Título del plan propuesto: “Análisis Visual de Datos Multidimensionales”. Beca doctoral 2019 CONICET. Adjudicada a partir de abril de 2019 y por un término de 5 años. Directores: Dra. Silvia Castro - Dr. Ernesto Bjerg.

-Leandro Luque. Título del plan propuesto: “Análisis Visual de Datos provenientes de Registradores de Movimientos Oculares”. Beca doctoral 2019 CONICET. Adjudicada a partir de abril de 2019 y por un término de 5 años. Directora: Dra. Silvia Castro. Codirector: Dr. Osvaldo Agamennoni.

-Rodrigo Nicolás Herlein. Título del plan propuesto “Diseño y Desarrollo de Interacciones para Tecnologías Inmersivas de Bajo Costo”. Becas de Estímulo a las Vocaciones Científicas - EVC - CIN 2023/2024. Directora: Dra. M. Luján Ganuza. Codirector: Dr. Matías N. Selzer.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Antonini, A. S., Ganuza, M. L. & Castro, S. M. (2022). VISUEL - A Web Dynamic Dashboard for DataVisualization. *Journal of Computer Science and Technology*, 22(1), e03.

[2] Antonini, A. S., Ganuza, M. L., Ferracutti, G., Gargiulo, M. F., Matković, K., Gröller, E., Bjerg, E. A & Castro, S. M. (2021). Spinel web: an interactive web application for visualizing the chemical composition of spinel group minerals. *Earth Science Informatics*, 1-8.

[3] Antonini, A. S., Luque, L., Ganuza, M. L. & Castro, S. M. (2022). Towards a Taxonomy for Non-Paired General Line Coordinates: A

Comprehensive Survey. *International Journal of Data Science and Analytics*.

[4] Ferracutti, G. R., Gargiulo, M. F., Ganuza, M. L., Bjerg, E. A., and Castro, S. M. Determination of the spinel group end members based on electron microprobe analyses. *Mineral. Petrol.* 109, 2 (2015), 153-160.

[5] Ganuza, M. L., Castro, S. M., Ferracutti, G., Bjerg, E. A., and Martig, S. Spinelviz: An interactive 3d application for visualizing spinel group minerals. *Comput. Geosci.* 48 (2012), 50–56.

[6] Ganuza, M. L., Ferracutti, G., Gargiulo, M.F., Castro, S. M., Bjerg, E. A., Gröller, E., and Matkovic, K. The spinel explorer - interactive visual analysis of spinel group minerals. *IEEE TVCG.* 20, 12 (2014), 1913–1922.

[7] Ganuza, M. L., Ferracutti, G., Gargiulo, M. F., Castro, S. M., Bjerg, E. A., Gröller, E., Matkovic, K. Interactive visual categorization of spinel-group minerals. *Proc. of the Spring Conf. on Comput. Graph.* (2017).

[8] Ganuza, M. L., Gargiulo, M. F., Ferracutti, G., Castro, S. M., Bjerg, E. A., Gröller, E., Matkovic, K. Interactive semi automatic categorization for spinel group minerals. In 2015 IEEE, VAST 2015, October 25-30, 2015 (2015), 197–198.

[9] Grandi, J.G., Debarba, H.G., Nedel, L., and Maciel, A. (2017, May). Design and evaluation of a handheld-based 3d user interface for collaborative object manipulation. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 5881-5891).

[10] Gutwin, C., Greenberg, S., 2002. A descriptive framework of workspace awareness for real-time groupware. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)* Vol. 11. n. 3-4 , pp. 411-446.

[11] Huang, H.-M., Liaw, S.-S., Lai, C.-M.,

2016. Exploring learner acceptance of the use of virtual reality in medical education: a case study of desktop and projection-based display systems. *Interactive Learning Environments*, 24(1), 3-19.

[12] Ibayashi, H., et al., 2015. Dollhouse VR: a multi-view, multi-user collaborative design workspace with VR technology. *SIGGRAPH Asia 2015 Emerging Technologies*. 1-2, 2015.

[13] Kutak, D., Selzer, M. N., Byska, J., Ganuza, M. L., Barisic, I., Kozlikova, B. & Miao, H. (2021). Vivern A Virtual Environment for Multiscale Visualization and Modeling of DNA Nanostructures. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 28(12), 4825-4838.

[14] Lacoche, J., Pallamin, N., Boggini, T., and Royan, J. (2017, November). Collaborators awareness for user cohabitation in co-located collaborative virtual environments. In *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology* (pp. 1-9).

[15] Le Chénéchal, M., Lacoche, J., Royan, J., Duval, T., Gouranton, V., and Arnaldi, B. (2016, March). When the giant meets the ant an asymmetric approach for collaborative and concurrent object manipulation in a multi-scale environment. In *2016 IEEE Third VR International Workshop on Collaborative Virtual Environments (3DCVE)* (pp. 18-22).

[16] Luque, L. E., Ganuza, M. L., Antonini, A. S. & Castro, S. M. (2021a). npGLC-Vis Library for Multidimensional Data Visualization. En *Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics: 9th Conference, JCC-BD&ET, La Plata, Argentina, June 22-25, 2021, Proceedings* (Vol. 1444, p. 188).

[17] Sabando, M. V., Ulbrich, P., Selzer, M., Byška, J., Mičan, J., Ponzoni, I., . . . Kozlíková, B. (2021). ChemVA: Interactive Visual Analysis of Chemical Compound Similarity in Virtual Screening. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(2), 891-901.

[18] Selzer, M. N., Ganuza, M. L., Urribarri, D. K., Larrea, M. L. & Castro, S. M. (2021). Stereoscopic Image-Based Rendering Technique for Low-Cost Virtual Reality. En P. Pesado & J. Eterovic (Eds.), *Computer Science – CACIC 2020* (pp. 91-101). Cham: Springer International Publishing.

[19] Selzer, M. N., Ganuza, M. L. & Castro, S. M. (2021). High Visual-Quality Scenes in Low-Cost Virtual Reality With Collisions and Irregular Surfaces. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 41(4), 40-51.

[20] White, S.; Feiner, S., Kopylec J., 2006. Virtual vouchers: Prototyping a mobile augmented reality user interface for botanical species identification. *Proceedings of the 3D User Interfaces*, p. 119–126.