

# METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA HUMEDAD EN EL SUELO USANDO NEUTRONES ATMOSFÉRICOS

*lunes, 18 de noviembre de 2024 11:40 (20 actas)*

Los rayos cósmicos son partículas de origen extraterrestre con energías que varían entre  $10^9$  eV y  $10^{20}$  eV. Al interactuar con las moléculas del aire presentes en la atmósfera, producen lluvias de partículas secundarias [Kampert et al., 2012]. entre ellas neutrones, que son capaces de penetrar en el suelo e interactúan con los núcleos de hidrógeno allí presentes. Como menciona [Köhli et al., 2021], los neutrones con energías menores a 1 MeV tienen una mayor probabilidad de interactuar con los núcleos de hidrógeno. Teniendo en cuenta que su interacción con el hidrógeno provoca una pérdida de energía 30 veces más rápida que con el hierro, es posible utilizar los neutrones cósmicos para estimar la humedad del suelo, dado que el contenido de agua contiene una mayor presencia de hidrógeno.

Asimismo, existe una relación inversa entre el flujo de neutrones que emergen del suelo tras interactuar con él y el nivel de humedad allí presente. Los Sensores de Neutrones de Rayos Cósmicos (CRNS) propuestos por [Zreda et al., 2008] se presentan como una herramienta prometedora para mejorar la gestión del riego en la agricultura, sector que, según datos del [Banco Mundial, 2023], utiliza el 70% del agua dulce mundial.

Con el fin de encontrar un método de calibración para los CRNS, se llevaron a cabo simulaciones con el software Geant4 [Agostinelli et al., 2003]. Estas simulaciones modelan la interacción de neutrones con suelos en los que se variaron los niveles de humedad, desde 0% hasta 30%. Los resultados muestran una disminución del 39,8% en el flujo de neutrones emergentes en suelos con 30% de humedad en comparación con suelos secos. Además, se encontró que los neutrones con energías menores a 1 MeV generan 66% más neutrones secundarios, adicionalmente se determinó que la energía mínima con la que emergen es del orden de los meV. En consecuencia el área efectiva de detección es de 1,68 hectáreas, con un flujo de 1 partícula/m<sup>2</sup> y el área de cobertura de los CRNS podría extenderse hasta 2,83 hectáreas. En esta es posible distinguir entre suelos secos y húmedos, ya que en el caso de los suelos húmedos las incertidumbres se solapan. El sistema físico utilizado también ha sido validado para realizar simulaciones en otras ciudades, ya que al comparar los resultados de simular el flujo de neutrones sobre Nueva York, se observa que el comportamiento y el orden de magnitud de la energía es similar al reportado por [Gordon et al., 2004].

[Agostinelli et al., 2003] Agostinelli, S., Allison, J., Amako, K. a., Apostolakis, J., Araujo, H., Arce, P., Asai, M., Axen, D., Banerjee, S., Barrand, G., et al. (2003). Geant4—simulation toolkit. Nuclear instruments and methods in physics research section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 506(3):250–303

[Banco Mundial, 2023] Banco Mundial (2023). AG.LND.AGRI.ZS - porcentaje de tierras agrícolas. <https://datos.bancomundial.org/indicador>

[Gordon et al., 2004] Gordon, M. S., Goldhagen, P., Rodbell, K. P., Zabel, T. H., Tang, H. H. K., Clem, J. M., and Bailey, P. (2004). Measurement of the flux and energy spectrum of cosmic-ray induced neutrons on the ground. IEEE Transactions on Nuclear Science, 51(6):3427–3434.

[Kampert et al., 2012] Kampert, K. and A. Watson (2012). Extensive air showers and ultra high-energy cosmic rays: a historical review. EPJ H 37, 359–412. doi:10.1140/epjh/e2012-30013-x.

[Köhli et al., 2021] Köhli, M., Weimar, J., Schrön, M., Baatz, R., and Schmidt, U. (2021). Soil moisture and air humidity dependence of the above-ground cosmic-ray neutron intensity. Frontiers in Water, 2:544–847.

[Zreda et al., 2008] Zreda, M., Desilets, D., Ferré, T., and Scott, R. L. (2008). Measuring soil moisture content non-invasively at intermediate spatial scale using cosmic-ray neutrons. Geophysical research letters, 35(21).

## Charla presencial o virtual

Presencial

**Autores primarios:** MIRANDA LEURO, luigui Joel (Unicersidad Industrial de Santander); SARMIENTO CANO, Christian (Universidad Industrial de Santander); NUNEZ, Luis (Universidad Industrial de Santander); Dr. PIÑERES RICO, LUIS (Universidad UIS); Dr. GONZALO ASOREY, HERNÁN (Medical Physics Department, Centro Atómico

Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Bariloche R8402, Argentina.); SIDELNIK, IVÁN (Departamento de Física de Neutrones, Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Bariloche R8402, Argentina.)

**Presentador:** MIRANDA LEURO, luigui Joel (Unicersidad Industrial de Santander)

**Clasificación de la sesión:** Charlas cortas