

GeoterRA: Plataforma inteligente para la exploración y planificación del potencial geotérmico

Christopher Acosta Madrigal¹, Aaron Carmona Sanchez², Mario Cordero Aguilar³, Pedro Casanova Trejo^{4*}

1, 2, 3 Escuela de Ciencias de la Computación e Informática. Universidad de Costa Rica, COSTA RICA.

(christopher.acostamadriral@ucr.ac.cr, aaron.carmona@ucr.ac.cr, mariogabriel.cordero@ucr.ac.cr)

4 Instituto de Investigaciones en Ingeniería (INII) Universidad de Costa Rica, COSTA RICA.

(Correo electrónico: pedro.casanova@ucr.ac.cr)

Palabras clave: análisis geoespacial, datos geotérmicos, energía renovable, exploración, sostenibilidad, visualización.

Resumen: Costa Rica, con su abundante actividad volcánica, posee un alto potencial para el desarrollo de energía geotérmica [2], una fuente renovable clave para la diversificación de su matriz energética y la reducción de la dependencia de combustibles fósiles. Sin embargo, la ausencia de herramientas integradas para la recopilación y análisis de datos geotérmicos limita la identificación eficiente de nuevas fuentes de energía y su planificación sostenible [3], lo que resalta la necesidad de soluciones innovadoras con el auxilio de las nuevas tecnologías de la información y comunicación. Se propone la herramienta GeoterRA que ha sido diseñada para facilitar la toma de decisiones en el ámbito de la energía geotérmica y el uso del suelo. Su propósito principal es recopilar, visualizar y analizar datos geoespaciales relacionados con fuentes termales y características del terreno, permitiendo a investigadores, empresarios y entidades gubernamentales acceder a información detallada sobre la composición química del agua, temperaturas y ubicación de puntos termales. GeoterRA proporciona un enfoque innovador para la evaluación de proyectos mediante la integración de datos en una interfaz accesible e intuitiva. Los usuarios pueden filtrar información por parámetros específicos como temperatura y composición química, lo que resulta fundamental para evaluar la viabilidad de proyectos de generación de energía renovable o iniciativas turísticas. Además, la plataforma incorpora una funcionalidad colaborativa que permite a los usuarios reportar nuevos puntos termales, contribuyendo al crecimiento continuo de la base de datos. En conclusión, GeoterRA combina tecnología móvil con datos geoespaciales para ofrecer una herramienta versátil y colaborativa que impulsa proyectos sostenibles y rentables en sectores estratégicos. Su enfoque en la accesibilidad de la información y su contribución al desarrollo económico la convierten en una solución innovadora para la gestión eficiente de los recursos geotérmicos y del suelo.

1. Introducción

Costa Rica posee un gran potencial para el desarrollo de energía geotérmica como fuente renovable [2] gracias a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico. No obstante, su aprovechamiento eficiente requiere una adecuada recolección y gestión de datos termales, así como una articulación fluida entre los actores que

participan en el proceso. GeoterRA nace como respuesta a esta necesidad, integrando tecnología móvil, análisis de laboratorio y visualización geoespacial para facilitar la evaluación técnica y sostenible de recursos geotérmicos.

2. Metodología

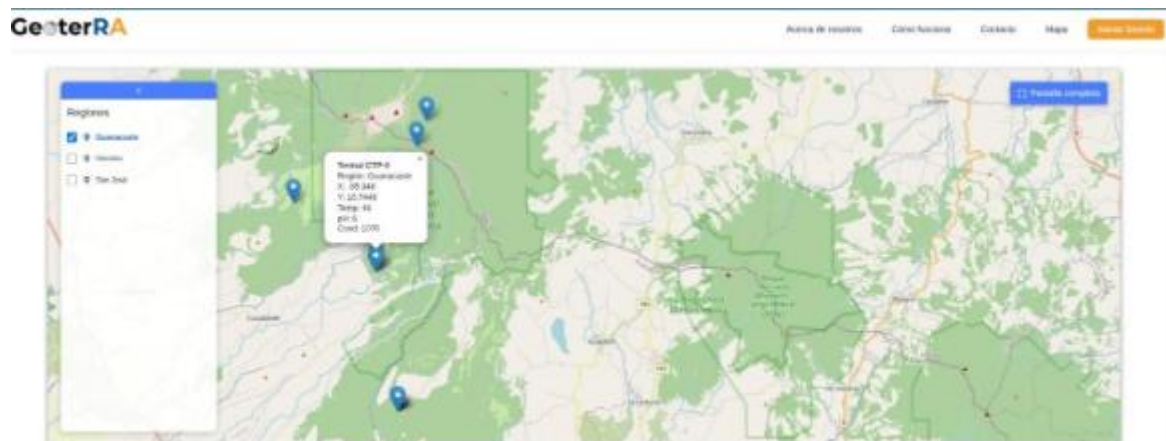
La metodología para desarrollar GeoterRA se basó en un enfoque iterativo e incremental, combinando fases técnicas y colaborativas. Inicialmente, se realizaron sesiones de análisis de requerimientos con actores clave (profesores, estudiantes y usuarios potenciales), utilizando User Stories y Casos de Uso para priorizar funcionalidades [1], [3] como registro de puntos termales, gestión de roles y exportación de datos. Se diseñó una base de datos MySQL con un modelo entidad-relación, incluyendo tablas como `reg_usr`, `solicitudes` y `puntos_estudiados`, asegurando escalabilidad y consistencia en el manejo de datos geotérmicos[1].

El desarrollo incluyó un prototipo en Figma [4] para visualizar flujos y obtener retroalimentación temprana. La arquitectura se dividió en frontend (ReactJS para WebApp y Kotlin para Android) y backend (PHP con API REST), integrando la base de datos mediante consultas parametrizadas. Se usó Git para control de versiones, pruebas manuales para validar formularios y compatibilidad, y un despliegue provisional en un servidor Apache local de la Universidad de Costa Rica, configurado con `.htaccess` para URLs amigables, preparando la migración a un dominio definitivo [1].

3. Resultados

La implementación de GeoterRA dio como resultado una aplicación funcional que cumple con los requerimientos iniciales. La WebApp, desarrollada en ReactJS con Tailwind CSS, ofrece una interfaz responsiva para registrar y visualizar puntos termales en un mapa interactivo, con gestión diferenciada para administradores y usuarios.

Figura 1. Mapa interactivo de la Webapp.



La versión Android, construida en Kotlin con Android Jetpack, integra GPS y Retrofit para consumir la API REST, mientras que la base de datos MySQL,

Figura 2. Formulario de solicitud de análisis.

con tablas como solicitudes y puntos_estudiados, almacena datos geotérmicos (pH, temperatura, conductividad) y genera reportes en JSON.

Las pruebas confirmaron la estabilidad del sistema en navegadores modernos y dispositivos Android, con tiempos de respuesta de la API inferiores a 2 segundos. Se validó la integridad de datos [1] con pruebas ficticias, utilizando consultas SQL parametrizadas para evitar vulnerabilidades. El despliegue en un servidor Apache local fue exitoso, aunque se identificaron limitaciones como la optimización en conexiones lentas y la ausencia de HTTPS. La retroalimentación destacó la usabilidad y utilidad de la interfaz, consolidando a GeoterRA como una herramienta viable para el monitoreo geotérmico, pero con necesidades de mejora en escalabilidad y accesibilidad.



4. Discusión

La metodología iterativa empleada en GeoterRA permitió alinear el desarrollo con las expectativas de los usuarios, integrando ReactJS y Kotlin para interfaces responsivas y una API REST con MySQL para un manejo eficiente de datos geotérmicos [5]. La capacidad de exportar reportes y visualizar puntos termales en un mapa interactivo posiciona a GeoterRA como una herramienta innovadora, aunque la dependencia de un servidor local limita el acceso público y la seguridad, destacando la necesidad de migrar a un dominio con HTTPS [1].

La retroalimentación de usuarios resaltó la usabilidad y funcionalidad, pero señaló la necesidad de optimizar el rendimiento en conexiones lentas, crucial para áreas rurales, y de incorporar pruebas automatizadas para mayor robustez. Comparada con otras plataformas, GeoterRA destaca por su enfoque en datos geotérmicos y diseño colaborativo [3], pero requiere mejoras en escalabilidad y nuevas funcionalidades, como alertas en tiempo real, para consolidar su impacto en el monitoreo geotérmico.

5. Conclusiones

GeoterRA representa un avance significativo en el monitoreo geotérmico, integrando interfaces responsivas desarrolladas en ReactJS y Kotlin, una API REST con MySQL para un manejo eficiente de datos [5], y funcionalidades clave como la visualización de puntos termales y la generación de reportes en JSON.

Las pruebas confirmaron su estabilidad y usabilidad en navegadores modernos y dispositivos Android, aunque se identificaron limitaciones como la necesidad de optimizar el rendimiento en conexiones lentas y migrar a un dominio con HTTPS para mejorar la seguridad y accesibilidad [1]. La retroalimentación positiva de los usuarios destaca su diseño colaborativo y enfoque en datos geotérmicos [3], pero incorporar pruebas automatizadas y nuevas funcionalidades, como alertas en tiempo real, fortalecerá su escalabilidad e impacto en la gestión de recursos geotérmicos.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del Instituto de Investigaciones en Ingeniería (INII) y del equipo multidisciplinario que colaboró en el desarrollo y pruebas de GeoterRA. También reconocemos el apoyo institucional brindado por la Universidad de Costa Rica. [Número de proyecto: C4037].

Referencias

- [1] GeoterRA, *Documentación interna del proyecto C4037*. Universidad de Costa Rica, 2025.
- [2] Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), *Costa Rica: Modelo propio de sostenibilidad. Energía geotérmica*. Dirección de Comunicación e Identidad Corporativa, 2019. [Online]. Available: https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/353e807d-08ab-420d-9942-9b9ff6a2e3c5/GEOTERMIA_+ES_PEQ.pdf
- [3] Piensa Geotermia, "La importancia de la geotermia en Costa Rica," *Piensa Geotermia*, Sep. 3, 2012. [Online]. Available: <https://www.piensageotermia.com/la-importancia-de-la-geotermia-en-costa-rica/>
- [4] Figma, *Guía para el prototipado en Figma*. [Online]. Available: <https://help.figma.com/hc/es-419/articles/360040314193-Gu%C3%ADa-para-el-prototipado-en-Figma>
- [5] Xmartlabs, "Frontend architecture and best practices," *Xmartlabs Blog*, Jul. 9, 2020. [Online]. Available: <https://blog.xmartlabs.com/blog/2020-07-09-frontend-architecture-and-best-practices/>