



Al contestar cite Radicado 20242110142863 Id: 1572301

Folios: 13 Fecha: 2024-03-01 14:33:41

Anexos: 1 ARCHIVOS INFORMÁTICOS (PDF, WORD, EXCEL, PPT, ZIP)

Remitente: VICEPRESIDENCIA TECNICA

Destinatario: OFICINA ASESORA JURIDICA

SONDEO DE MERCADO

La ANH está adelantando el presente sondeo de mercado, con el fin de realizar el análisis económico y financiero que soportarán la determinación del presupuesto oficial de un posible proceso de selección contractual, si su Empresa se encuentra interesada en participar le agradecemos remitir la información solicitada, bajo los parámetros establecidos a continuación.

NOTA: La Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, aclara que ni el envío de esta comunicación ni la respuesta a la misma generan compromiso u obligación de contratar, habida cuenta que no se está formulando invitación para participar en un concurso o proceso selectivo, sino, se reitera, se está realizando un sondeo de mercado del que eventualmente se puede derivar un proceso de selección para la elaboración de un contrato que permita ejecutar el proyecto

I. NUMERO DE PROCESO DE COTIZACION:

II. DE LA NECESIDAD:

El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia Potencia Mundial De La Vida” establecido por el Gobierno Nacional, destaca la necesidad de “una transición energética justa, basada en el respeto a la naturaleza, la justicia social y la soberanía con seguridad, confiabilidad y eficiencia” a través del impulso de hojas de ruta para la implementación de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable como la geotermia (DNP, 2022). En esta línea, el Ministerio de Minas y Energía-Minenergía, delegó en la Agencia Nacional de Hidrocarburos mediante Resolución No 40234 de 23 de febrero de 2023 la elaboración de los insumos y apoyos necesarios para la continuidad en la formulación y diseño de la política pública de los siguientes recursos energéticos: geotermia, energía eólica e hidrogeno, captura, almacenamiento de y uso de carbono (CCUS), así como también las alternativas geológicas para el almacenamiento subterráneo de dióxido de Carbono (CO₂), a través del aprovechamiento de fuentes No Convencionales de Energía-FNCE.

Nuestro país se encuentra entre las regiones favorecidas para la explotación de la energía geotérmica debido a su ubicación geológica en una zona de bordes convergentes con vulcanismo reciente y actualmente activo. Además, los recientes avances de la tecnología para la producción de energía eléctrica a partir de recursos geotérmicos de media a baja entalpía, han hecho posible su explotación en cuencas sedimentarias donde la exploración petrolera ha adelantado el conocimiento geológico e infraestructura para dichos fines. Debido a las labores a cargo de la ANH, contamos con un amplio conocimiento de las cuencas sedimentarias y los cinturones plegados, contando con información geofísica, levantamientos geológicos, información de pozos, y demás insumos necesarios para adelantar las labores de evaluación de los recursos geotérmicos en el país.

Durante la exploración geotérmica a nivel mundial se utilizan múltiples fuentes de información geológica, geoquímica y geofísica; de las cuales resaltan los estudios de Magnetotelúrica - MT como una de las herramientas más importantes para la evaluación del potencial geotérmico de una región. Es así, que aprovechando la adquisición realizada en años anteriores de datos MT, y la información disponible de otros métodos geofísicos y datos geológicos, se plantea por medio de este proyecto la integración de esta

información con el fin de realizar una evaluación regional de posibles anomalías asociadas a plays geotérmicos en diferentes ambientes geológicos, como en la Cordillera Oriental.

III. OBJETO A CONTRATAR:

Reprocesamiento de datos magnetotelúricos en la Cordillera Oriental para la prospektividad en geotermia

IV. CÓDIGO UNSPSC (The United Nations Standard Products and Services Code® - UNSPSC, Código Estándar de Productos y Servicios de Naciones Unidas), correspondiente al bien, obra o servicios a contratar:

Identifique el o los Códigos UNSPSC:

SEGMENTO	FAMILIA	CLASE	NOMBRE
71	7111	711122	Otros servicios de registración
81	8115	811519	Geofísica
81	8115	811517	Estudios Geológicos

V. ASPECTOS TÉCNICOS Y ACTIVIDADES A EJECUTAR:

a. ACTIVIDADES ESPECÍFICAS:

- Recopilar y evaluar los datos MT adquiridos en proyectos anteriores de la ANH
- Recopilar los datos geofísicos de otras fuentes (gravimetría, magnetometría, sísmica, registros de pozo, etc.), y demás información geológica de superficie y subsuelo que pueda ser integrada en el modelamiento regional.
- Realizar modelos de inversión independiente de los datos MT a lo largo de las secciones.
- Realizar modelos de inversión independiente en un buffer de 20 km a cada lado de las secciones MT para los datos gravimétricos y magnetométricos.
- Realizar la interpretación geológica estructural y estratigráfica de los modelos independientes obtenidos para cada sección.
- Realizar la inversión conjunta de datos MT, gravimétricos y magnetométricos, incluyendo interpretaciones geológicas existentes y nuevas a lo largo de las secciones disponibles de MT.
- Cuantificar el ajuste de los datos observados con respecto a los resultados de los modelos con inversión conjunta.
- Realizar la interpretación estructural y estratigráfica de los modelos obtenidos en la inversión conjunta
- Evaluar las anomalías de resistividad, magnetométricas y gravimétricas asociadas a posibles zonas de prospektividad geotérmica a lo largo de los modelos construidos
- Presentar una categorización de dichas anomalías con respecto a su potencial prospektividad geotérmica integrando la información geológica disponible.

b. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO:

El proyecto comprende las zonas donde la ANH ha adquirido datos MT divididos en dos contratos realizados en el año 2018 (Tabla 1, Figura 1). Estas zonas incluyen principalmente la Cordillera Oriental en su flanco occidental, y algunos segmentos de la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM)

Tabla 1. Número de Estaciones MT para cada contrato

Región	Contrato ANH	Línea	Km por línea	Estaciones MT por Línea
Cordillera Oriental	519 de 2018	1A	22.791	
		1B	32.215	227
		2	189.68	767
		4	70.311	240
		6	130.97	573
	520 de 2018	7	87.756	361
		8	78.423	342
		Total	615.146	2510

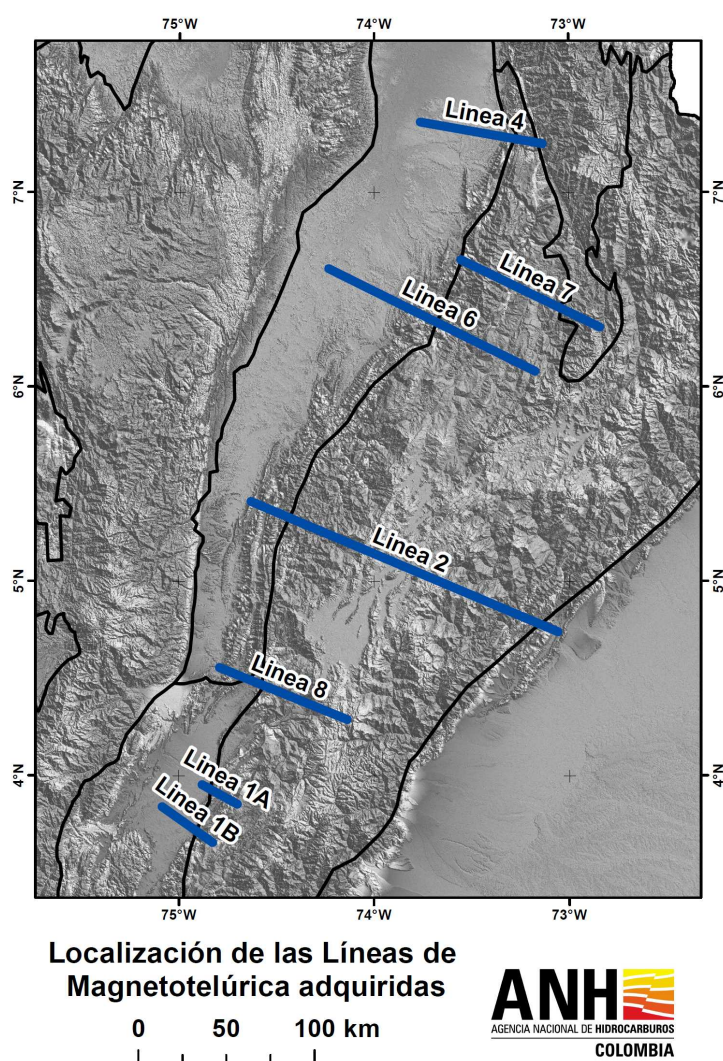


Figura 1. Mapa de ubicación de las líneas MT en la Cordillera Oriental

c. ANTECEDENTES

1. Plays Geotérmicos

Los sistemas geotérmicos para generación de energía eléctrica comprenden una región donde las condiciones geológicas permiten obtener fluidos a una temperatura tal que puedan ser aprovechados en plantas geotérmicas, las cuales pueden variar su configuración dependiendo de las condiciones del fluido. Estas zonas generalmente han estado asociadas a sistemas volcánicos donde las temperaturas son mayores y se encuentran cercanas a superficie, los cuales son dominados por la convección de los fluidos alrededor de la fuente de calor. Recientemente se ha aumentado el interés por la exploración geotérmica en zonas dominadas por conducción, donde la estructura termal puede ser suficiente para calentar el fluido en un reservorio a mayor profundidad en el subsuelo, como en el caso de las cuencas sedimentarias. Una clasificación de los tipos de plays geotérmicos y sus condiciones geológicas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de sistemas geotérmicos (Leeuwen, 2016; Moeck, 2014).

Plays Geotérmicos Dominados por Convección		
Tipo de Play	Ambiente Geológico	Fuentes de Calor
Volcánico	Arcos magmáticos, dorsales oceánicas y puntos calientes	Cámara magmática e intrusiones
Plutónico	Orógenos jóvenes, fase post-orogénica	Intrusiones jóvenes y extensión
Dominio extensional	Complejos de núcleo metamórfico, extensión tras-arco, cuencas pull-apart y rifts intracontinentales	Flujo de calor alto debido a adelgazamiento cortical
Plays Geotérmicos Dominados por Conducción		
Tipo de Play	Ambiente Geológico	Fuentes de Calor
Cuenca intracratónica	Cuencas de rift y de margen pasivo	Acuíferos sedimentarios y porosidad/permeabilidad con la profundidad
Cinturón orogénico	Cinturones plegados y cuencas de antepaís	Acuíferos sedimentarios y porosidad/permeabilidad con la profundidad, y zonas de falla y fracturas
Basamento	Intrusiones en terrenos llanos y rocas altamente radiogénicas	Rocas intrusivas calientes, baja porosidad/permeabilidad y zonas de falla y fracturas

Debido a las altas temperaturas de los sistemas geotérmicos dominados por convección, estos presentan características resistivas derivadas de la mineralogía de alteración hidrotermal. Sin embargo, factores adicionales como el fracturamiento, porosidad o permeabilidad pueden controlar las anomalías de baja resistividad, estando relacionadas a estructuras o características geológicas, en lugar de la mineralogía de alteración (Leeuwen, 2016).

Para el caso de las cuencas sedimentarias, el método MT en combinación con otra información geofísica y geológica del subsuelo permite una interpretación más precisa de la geología del subsuelo, incluyendo la delimitación de niveles de reservorio y niveles impermeables que sirvan como sello en estos sistemas geotérmicos.

2. Datos Magnetotelúricos

El método magnetotelúrico (MT) usa los campos electromagnéticos naturales de la Tierra para investigar la estructura de la conductividad eléctrica en el subsuelo (Cagniard, 1953; Tikhonov, 1950). Este método permite investigar la estructura resistiva para profundidades desde decenas de metros hasta decenas o centenas de kilómetros, usando las oscilaciones del campo electromagnético en el rango de 10^{-3} – 10^3 Hz, las cuales son generadas por procesos en la atmósfera, la ionosfera y la magnetosfera. Existen dos fuentes

naturales para los campos MT, el viento solar y su interacción con la magnetosfera ($F < 1\text{Hz}$), y las tormentas eléctricas ($F > 1\text{Hz}$).

El método MT ha sido usado en investigaciones corticales profundas y en exploración minera, además de ser uno de los métodos más aplicados en la exploración de sistemas geotérmicos convectivos, debido a los patrones de resistividad observados de fuertes contrastes cerca de la superficie que indican el tope del reservorio geotérmico en los sistemas geotérmicos volcánicos (Leeuwen, 2016).

La aplicación del método MT en la exploración geotérmica en sistemas dominados por la conducción de calor, como en el caso de las cuencas sedimentarias, presenta algunos desafíos, debido a que las secuencias sedimentarias presentan una mayor conductividad, y los contrastes de resistividad esperados son menores que los observados en los sistemas volcánicos (Leeuwen, 2016).

Dado que el método MT permite inferir la estructura resistiva del subsuelo, es importante tener en cuenta los factores que afectan la resistividad en el subsuelo (Leeuwen, 2016):

- Tipo de roca
- Temperatura
- Porosidad y permeabilidad
- Salinidad del fluido
- Mineralogía de alteraciones hidrotermales

Debido a los diferentes factores que pueden afectar la resistividad en el subsuelo, existen investigaciones en relaciones que permitan estimar estos factores a partir de las mediciones de resistividad. Así mismo, es común el uso de la mineralogía de alteración hidrotermal para la determinación de la temperatura y la interpretación de sistemas geotérmicos.

d. METODOLOGÍA

1. Procesamiento de Datos Magnetotélúricos

El procesamiento de este tipo de datos incluye varias fases que incluyen el control de calidad en campo, preprocesamiento, filtrado, correcciones, procesamiento robusto y demás procesamiento para reducir los valores anómalos en diferentes frecuencias (Leeuwen, 2016). A continuación, se presentan estas fases:

- **Control de calidad:** Inmediatamente después de la adquisición se hace el control de calidad de los datos, en cuanto a que la adquisición de todos los canales haya sido exitosa durante el tiempo requerido para el estudio específico. Debido a las condiciones de la adquisición puede ocurrir desconexión de alguno de los canales de los campos magnéticos o eléctricos, falla de la antena GPS, falla de la batería, pobre conductividad del medio donde se instalaron los electrodos, entre otros. Este control de calidad se realizó oportunamente durante la adquisición de los datos objeto de este proyecto y las estaciones con problemas fueron repetidas oportunamente, así como repeticiones aleatorias en diferentes días para corroborar su calidad.
- **Pre-procesamiento en campo:** durante esta fase se evalúa la calidad de la señal registrada por medio de la relación señal/ruido, comparación con los datos de la estación remota (procedimiento que se usó durante la adquisición de todos los datos objeto de este proyecto), filtrado de ruido cultural, entre otros (Leeuwen, 2016). Este control de calidad también fue tenido en cuenta para determinar si era necesario repetir la adquisición o modificar la ubicación debido a factores externos de difícil control.
- **Aplicar rutinas de preclasificación (pre-sorting),** a los datos adquiridos en el dominio de la frecuencia con el fin de detectar datos de baja calidad y valores anómalos que puedan persistir. Este proceso puede aplicarse usando diferentes propiedades como: coherencia entre los campos magnéticos y eléctricos; densidad de potencia espectral, coherencias bivariadas y parciales; dirección de

polarización; estimación de mínimos cuadrados de la función de transferencia magnetotelúrica y su error estimado. Probando diferentes propiedades en función del tiempo puede revelar datos inconsistentes.

- Procesamiento robusto con el fin de optimizar la función de transferencia magnetotelúrica y correcciones por distorsión galvánica (Static Shift) y dimensionalidad (Leeuwen, 2016). Estas y otras posibles correcciones deben ser evaluadas en los datos adquiridos para garantizar la homogeneidad y calidad de los mismos en las posteriores fases de modelamiento e inversión. Debido al objetivo de homogenizar.

2. Modelamiento Directo e Inverso de Datos Geofísicos

2.1. Inversión Magnetotelúrica

La inversión de datos magnetotelúricos busca determinar cuáles anomalías observadas son producto de los algoritmos usados y cuales logran persistir en las diferentes iteraciones realizadas. Esto permite identificar las estructuras y rasgos geológicos que son mejor definidos por los datos y reducir la incertidumbre en su existencia, así como también, mejorar la interpretación de dichos rasgos. Esta inversión debe incluir un análisis de sensibilidad que permita identificar anomalías persistentes, y otros rasgos que no son replicados en los diferentes modelos realizados a partir de diferentes parámetros iniciales como resistividad inicial, error límite, fase y funciones de transferencia vertical, entre otros.

Esta inversión debe estar acompañada de métricas que permitan evaluar la calidad de los resultados de la inversión, como la raíz del error cuadrático medio (*root mean square misfit – rms*). Además, es necesario identificar la ubicación de las anomalías persistentes en los resultados de la inversión por medio de sus rasgos geofísicos, como las variaciones de resistividad, densidad y susceptibilidad magnética que puedan estar asociados a reservorios de alta temperatura, zonas de posibles alteraciones hidrotermales, zonas de fracturamiento, entre otras características de los sistemas geotérmicos hidrotermales

2.2. Inversión Conjunta de Datos Geológicos y Geofísicos

A partir de los datos obtenidos de los diferentes métodos geofísicos disponibles (magnetotelúrica, gravimetría, magnetometría, sísmica, registros de pozos, entre otros), y geología de superficie y subsuelo; se debe proceder a realizar modelos geológicos plausibles, que sean explicados por los datos y proceder a obtener un producto de inversión geofísica que permita explicar estos datos y muestre las estructuras geológicas y posibles anomalías resistivas, gravimétricas y magnéticas que puedan ser interpretadas dentro de los conceptos de plays geotérmicos en el contexto geológico regional.

3. Evaluación de Anomalías con Potencial Geotérmico

La información objeto de este contrato se encuentra en la Cordillera Oriental, incluyendo algunos segmentos del Valle Medio del Magdalena. La Cordillera Oriental presenta gran interés en recursos geotérmicos en los complejos volcánicos de Paipa – Iza que han sido estudiados en múltiples trabajos (Bernet et al., 2016; González-Idárraga, 2020; Pardo et al., 2005; Vasquez, 2012; Vesga et al., 2009; entre otros); los cuales no fueron cubiertos en la adquisición de estos proyectos. Otras zonas de la Cordillera Oriental presentan amplias evidencias de depósitos y alteración hidrotermales (Branquet et al., 2002; Hassan Ahmed, 2022; Ingeominas - UIS, 2007, 2008; L. Mantilla et al., 2009; L. C. Mantilla et al., 2011; Terraza et al., 2008); y fuentes hidrotermales actuales (Alfaro et al., 2020; Servicio Geológico Colombiano, 2014). Estas manifestaciones, antiguas y recientes, podrían indicar la presencia de recursos geotérmicos asociados al cinturón plegado, donde el fracturamiento y la deformación pueden promover la circulación de fluidos a niveles estructurales profundos (Moeck, 2014; Tamara et al., 2015), y procesos como la exhumación a altas tasas pueden promover el aumento del flujo de calor en algunas regiones por la advección de las isothermas cerca de la superficie (Mora et al., 2013; Ramirez-Arias et al., 2012; Reyes-Harker et al., 2015; Sanchez et al., 2012).

e. PRODUCTOS Y ACTIVIDADES RELACIONADAS

1. MODELO INVERSO MAGNETOTELÚRICO DE LAS SECCIONES DE INTERÉS

- Recopilación y evaluación de la calidad de los datos adquiridos, a partir de la revisión de los datos crudos de cada línea en los dos contratos objeto del presente proyecto.
- Evaluación del procesamiento inicial de los datos adquiridos e identificación de posibles estaciones problemáticas en el posterior procesamiento y análisis de los datos.
- Preclasificación de los datos obtenidos y evaluación de su calidad a partir de la distribución en tiempo de las diferentes propiedades para detectar datos anómalos.
- Reprocesamiento robusto y correcciones de los datos adquiridos en todas las líneas usando criterios y algoritmos similares, con el fin de unificar los resultados obtenidos al final del proyecto.

2. MODELO GEOLÓGICO-GEOFÍSICO INTEGRADO

- Modelamiento inverso de los perfiles MT, aplicando un análisis de sensibilidad que permita evaluar las anomalías persistentes a lo largo de cada perfil MT
- Interpretación preliminar de los perfiles MT a partir de los mejores resultados de cada perfil MT e información geológica disponible.
- Realizar una inversión conjunta y análisis de sensibilidad de los datos magnetotelúricos, gravimétricos y magnetométricos disponibles, a partir de un modelo geológico estructural preliminar que permita identificar las estructuras geológicas, basamento, fluidos, zonas de fracturamiento, anomalías de densidad, conductividad, resistividad, composición, y zonas de interés geotérmico
- Evaluar los resultados de los modelos obtenidos identificando las características y anomalías persistentes durante el análisis de sensibilidad.
- Representar los resultados por medio de perfiles geológicos para visualizar los cuerpos o anomalías identificados.
- Evaluar los resultados de los modelos geológicos comparando con los modelos geológicos – estructurales existentes, señalando las similitudes y diferencias, así como sus implicaciones en la historia geológica de la zona de estudio

3. EVALUACIÓN DE PROSPECTIVIDAD GEOTÉRMICA EN LAS ZONAS DE ESTUDIO

- Identificación de zonas con propiedades favorables para posibles reservorios geotérmicos.
- Identificación de unidades estratigráficas con posibles propiedades favorables para reservorios geotérmicos, con mapas de distribución y espesor.
- Evaluación de la estructura termal a partir de datos de gradiente termal disponibles y estimados a lo largo de los perfiles MT.
- Integración de las zonas con propiedades de reservorio geotérmico, los niveles estratigráficos conocidos y la estructura termal para proponer posibles zonas de interés geotérmico a lo largo de los perfiles MT

4. Informe Final

- Informe final que recopile los antecedentes, metodología detallada (adquisición de datos, preprocesamiento, procesamiento, inversión, análisis, tratamiento de datos, interpretación), y los resultados obtenidos en este proyecto. 3
- Resumen ejecutivo del proyecto en idioma inglés mínimo 20 páginas
- Presentación ejecutiva del proyecto en idioma inglés y español mínimo 30 diapositivas

- Se presentará como mínimo un poster y artículo en inglés listo para enviar a publicación con los resultados más relevantes del proyecto.

Nota 1: Se entiende que cada producto debe hacer parte integral del informe final del proyecto (el informe final contendrá un resumen ejecutivo en idioma inglés), incluyendo los anexos que se generen de cada producto y proyectos SIG con los respectivos archivos de geodatabase en ArcGIS versión 10.7 o superior, asociadas con la información generada en el proyecto, y la base de datos en formato SQL Server 2016 R2, sobre el sistema Operativo Windows Server 2014 Standard (o versión más reciente). Se deberán entregar todos los productos en formato ASCII y grids 3D que puedan ser leídos en otros programas como Petrel o similar

La ANH supervisará eventualmente (3 días cada mes durante la ejecución del proyecto) las actividades técnica, social y ambiental en las labores de campo y para esto el Contratista debe proporcionar al supervisor del contrato el transporte terrestre dentro del área de trabajo que facilite su supervisión.

REFERENCIAS

- Alfaro, C., Rueda, J., Casallas, Y., Rodriguez, G., & MaloJaison. (2020). *Estimación Preliminar del Potencial Geotérmico de Colombia*. Bogotá.
- Bernet, M., Urueña, C., Amaya, S., & Peña, M. L. (2016). New thermo and geochronological constraints on the Pliocene-Pleistocene eruption history of the Paipa-Iza volcanic complex, Eastern Cordillera, Colombia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 327, 299–309. doi: 10.1016/J.JVOLGEORES.2016.08.013
- Branquet, Y., Cheilletz, A., Cobbold, P. R., Baby, P., Laumonier, B., & Giuliani, G. (2002). Andean deformation and rift inversion, eastern edge of Cordillera Oriental (Guateque–Medina area), Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 15(4), 391–407. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981102000639>
- Cagniard, L. (1953). Basic theory of the magnetotelluric method of geophysical prospecting. *Geophysics*, 18, 605–635.
- DNP. (2022). *Colombia Potencia Mundial de la Vida Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*. Bogotá. Retrieved from [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND 2022/Bases-PND2022-2026_compilado-CEVC15-10-2022.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND%2022/Bases-PND2022-2026_compilado-CEVC15-10-2022.pdf)
- González-Idárraga, C. E. (2020). 3D resistive characterization of the Paipa geothermal area, Colombia. *Boletín de Geología*, 42(3), 81–97. doi: 10.18273/REVBOL.V42N3-2020003
- Hassan Ahmed, A. (2022). *Hydrothermal Mineral Deposits in Orogenic Environments*. 245–322. doi: 10.1007/978-3-030-96443-6_5
- Ingeominas - UIS. (2007). *Investigación petrográfica y geoquímica de las sedimentitas del Cretácico Inferior (K1) y sus manifestaciones hidrotermales asociadas; planchas 169, 170, 189, 190 (Cordillera Oriental): implicaciones en la búsqueda de esmeraldas*. Bogotá.
- Ingeominas - UIS. (2008). *ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE INTERACCIÓN FLUIDO-ROCA EN EL CINTURÓN ESMERALDÍFERO ORIENTAL (CORDILLERA ORIENTAL, COLOMBIA) Y SU IMPORTANCIA EN LA EXPLORACIÓN DE NUEVOS YACIMIENTOS HIDROTERMALES*.
- Leeuwen, W. A. van. (2016). *Geothermal exploration using the magnetotelluric method* [UU Dept. of Earth Sciences]. Retrieved from <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/340000>
- Mantilla, L. C., Mendoza, H., Bissig, T., & Craig, H. (2011). Nuevas Evidencias Sobre el Magmatismo Miocénico en el Distrito Minero de Vetas-California (Macizo de Santander, Cordillera Oriental, Colombia). *Boletín de Geología*, 33(1). Retrieved from <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/2471/3157>
- Mantilla, L., Valencia, V. A., Barra, F., Pinto, J., & Colegial, J. (2009). Geocronología U-Pb de los Cuerpos Porfíricos del Distrito Aurífero de Vetas-California (Dpto de Santander, Colombia). *Boletín de Geología*, 31(1). Retrieved from <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/164/3842>
- Moeck, I. S. (2014). Catalog of geothermal play types based on geologic controls. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 867–882. doi: 10.1016/J.RSER.2014.05.032
- Mora, A., Reyes-Harker, A., Rodriguez, G., Tesón, E., Ramirez-Arias, J. C., Parra, M., Caballero, V., Mora,

- J. P., Quintero, I., Valencia, V., Ibañez, M., Horton, B. K., & Stockli, D. F. (2013). Inversion tectonics under increasing rates of shortening and sedimentation: Cenozoic example from the Eastern Cordillera of Colombia. In Geological Society Special Publication (Vol. 377, Issue 1). doi: 10.1144/SP377.6
- Pardo, N., Cepeda, H., Jaramillo, A., María, J., & María, J. J. (2005). The Paipa Volcano, Eastern Cordillera of Colombia, South America: Volcanic Stratigraphy. *Earth Sciences Research Journal*, 9(1), 3–18. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-61902005000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Ramirez-Arias, J. C., Mora, A., Rubiano, J., Duddy, I., Parra, M., Moreno, N., Stockli, D., & Casallas, W. (2012). The asymmetric evolution of the Colombian Eastern Cordillera. Tectonic inheritance or climatic forcing? New evidence from thermochronology and sedimentology. *Journal of South American Earth Sciences*, 39, 112–137. doi: 10.1016/J.JSAMES.2012.04.008
- Reyes-Harker, A., Ruiz-Valdivieso, C. F., Mora, A., Ramírez-Arias, J. C., Rodríguez, G., De La Parra, F., Caballero, V., Parra, M., Moreno, N., Horton, B. K., Saylor, J. E., Silva, A., Valencia, V., Stockli, D., & Blanco, V. (2015). Cenozoic paleogeography of the Andean foreland and retroarc hinterland of Colombia. *AAPG Bulletin*, 99(8). doi: 10.1306/06181411110
- Sanchez, J., Horton, B. K., Tesón, E., Mora, A., Ketcham, R. A., & Stockli, D. F. (2012). Kinematic evolution of Andean fold-thrust structures along the boundary between the Eastern Cordillera and Middle Magdalena Valley basin, Colombia. *Tectonics*, 31(3). doi: 10.1029/2011TC003089
- Servicio Geológico Colombiano. (2014). *INVTERMALES - Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales*. Retrieved from <https://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>
- Tamara, J., Mora, A., Robles, W., Kammer, A., Ortiz, A., Sanchez-Villar, N., Piraquive, A., Rueda, L. H., Casallas, W., Castellanos, J., Montaña, J., Parra, L. G., Corredor, J., Ramirez, Á., & Zambrano, E. (2015). Fractured reservoirs in the Eastern Foothills, Colombia, and their relationship with fold kinematics. *AAPG Bulletin*, 99(08), 1599–1633. doi: 10.1306/09291411109
- Terraza, R., Montoya, D., Reyes, G., Moreno, G., & Fuquen, J. (2008). *GEOLOGÍA DEL CINTURÓN ESMERALDÍFERO ORIENTAL PLANCHAS 210, 228 Y 229*.
- Tikhonov, A. (1950). Determination of the electrical characteristics of the deep strata of the Earth's crust. *Doklady Akademii Nauk, SSSR*, 73(2), 295–297.
- Vasquez, L. E. (2012). *Aplicación geofísica de métodos potenciales en el área geotérmica Paipa - Iza*. Bogotá.
- Vesga, M., & Jaramillo, J. (2009). Geoquímica del domo volcánico en el Municipio de Iza, departamento de Boyacá; interpretación geodinámica y comparación con el vulcanismo neógeno de la Cordillera Oriental. *Boletín de Geología*, 31(2), 97–108.

PERSONAL MÍNIMO

Tabla 3. Personal Mínimo

A continuación, la tabla del personal mínimo con sus perfiles que la ANH exigirá para la ejecución del proyecto:

RECURSO HUMANO	CANTIDAD	PERFIL PROFESIONAL	DEDICACIÓN %	EXPERIENCIA PROFESIONAL	EXPERIENCIA ESPECÍFICA
Director del proyecto	1	Profesional en Ciencias de la Tierra o Ingeniero de Petróleos o Ingeniero Electrónico con Maestría en Geofísica	100%	Mínimo 10 años de experiencia profesional	Experiencia profesional específica en mínimo cinco (5) proyectos (o cuatro años si la experiencia está certificada en tiempo) de adquisición geofísica, como supervisor o director o coordinador
Profesional en procesamiento de datos Magnetotelúricos	2	Profesional en ciencias de la tierra o Ingeniero o Físico.	100%	Mínimo 5 años de experiencia profesional	Experiencia profesional específica en mínimo tres (3) proyectos (o dos años si la experiencia está certificada en tiempo) de procesamiento de datos de magnetotelúrica.
Profesional en procesamiento de datos Gravimétricos	1	Profesional en Ciencias de la Tierra o Ingeniero o Físico.	100%	Mínimo 5 años de experiencia profesional	Experiencia profesional específica en mínimo tres (3) proyectos (o dos años si la experiencia está certificada en tiempo) de procesamiento de datos gravimétricos.
Profesional en procesamiento de datos Magnetométricos	1	Profesional en Ciencias de la Tierra o Ingeniero o Físico.	100%	Mínimo 5 años de experiencia profesional	Experiencia profesional específica en mínimo tres (3) proyectos (o dos años si la experiencia está certificada en tiempo) de procesamiento de datos magnetométricos.
Profesional en interpretación de datos geofísicos	1	Profesional en Ciencias de la Tierra o Ingeniero o Físico.	100%	Mínimo 8 años de experiencia profesional	Experiencia profesional específica en mínimo tres (3) proyectos (o dos años si la experiencia está certificada en tiempo) de procesamiento de datos magnetotelúricos, gravimétricos y magnetométricos.
Profesional en interpretación Geológica de secciones estructurales	1	Profesional en Geología	100%	Mínimo 10 años de experiencia profesional	Experiencia profesional específica en mínimo cinco (5) proyectos (o cuatro años si la experiencia está certificada en tiempo) de interpretación geológica estructural a partir de datos geofísicos

TIEMPO DE ENTREGA:

El tiempo de ejecución del proyecto es de **seis (6)** meses, en todo caso no podrá superar el 16 de diciembre de 2024.

LUGAR DE EJECUCION:

La ejecución del presente contrato será en Bogotá D.C. o en las instalaciones del contratista. Se deberá disponer de facilidades para que la supervisión del contrato pueda estar al tanto de todas las fases del desarrollo del contrato, visitar las instalaciones del procesamiento de la información. El contratista deberá suministrar los medios y recursos para la realización de dichas visitas y demás actividades necesarias para una apropiada supervisión del avance del proyecto.

PROPUESTA ECONÓMICA:

A continuación, se presenta el formato de propuesta económica incluido en el archivo Excel adjunto a este sondeo de mercado. Este debe ser diligenciado integralmente y no debe ser modificado en cantidades ni especificaciones de cada producto o actividad solicitados. Dicho valor será presentado en pesos colombianos y debe tener incluido todos los costos directos e indirectos de todas las actividades necesarias para la ejecución del contrato, con sus respectivas tasas e impuestos, con vigencia durante el año 2024.

MIPYMES:

Por favor marcar con una X si el cotizante es o no MIPYME domiciliada en Colombia, observándose los rangos de clasificación empresarial establecidos, de conformidad con la Ley 590 de 2000 y el Decreto 1074 de 2015.

SI ____ **NO** ____

EMPRENDIMIENTOS Y EMPRESAS DE MUJERES:

Por favor marcar con una X si el cotizante es o no emprendimiento o empresa de mujeres, entendida esta cuando:

- Más del cincuenta por ciento (50%) de las acciones, partes de interés o cuotas de participación de la persona jurídica pertenezcan a mujeres y los derechos de propiedad hayan pertenecido a estas durante al menos el último año.
- Cuando por lo menos el cincuenta por ciento (50%) de los empleos del nivel directivo de la persona jurídica sean ejercidos por mujeres y éstas hayan estado vinculadas laboralmente a la empresa durante al menos el último año en el mismo cargo u otro del mismo nivel.

Se entenderá como empleos del nivel directivo aquellos cuyas funciones están relacionadas con la dirección de áreas misionales de la empresa y la toma de decisiones a nivel estratégico. En este sentido, serán cargos de nivel directivo los que dentro de la organización de la empresa se encuentran ubicados en un nivel de mando o los que por su jerarquía desempeñan cargos encaminados al cumplimiento de funciones orientadas a representar al empleador.

- Cuando la persona natural sea una mujer y haya ejercido actividades comerciales a través de un establecimiento de comercio durante al menos el último año.

Para las asociaciones y cooperativas, cuando más del cincuenta por ciento (50%) de los asociados sean mujeres y la participación haya correspondido a estas durante al menos el último año.

SI ____ **NO** ____

Tabla 4. Formato de propuesta económica

	AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS FORMATO SONDEO DE MERCADO	ANH-GCO-FR-121 31/11/2023 Versión N°4 Página 12 de 13
---	--	--

Debe ser diligenciado por los proponentes. Ver archivo Excel adjunto

PRESUPUESTO DE GASTOS PROYECTO REPROCESAMIENTO DE DATOS MAGNETOTELÚRICOS EN LA CORDILLERA ORIENTAL PARA LA PROSPECTIVIDAD EN GEOTERMIA				
	ACTIVIDAD ESPECIFICA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR
1	MODELO INVERSO MAGNETOTELÚRICO DE LAS SECCIONES DE INTERÉS			
	Recopilación y evaluación de la calidad de los datos adquiridos, a partir de la revisión de los datos crudos de cada línea en los dos contratos objeto del presente proyecto.	2510	\$ -	\$ -
	Evaluación del procesamiento inicial de los datos adquiridos e identificación de posibles estaciones problemáticas en el posterior procesamiento y análisis de los datos.	2510	\$ -	\$ -
	Preclasificación de los datos obtenidos y evaluación de su calidad a partir de la distribución en tiempo de las diferentes propiedades para detectar datos anómalos.	2510	\$ -	\$ -
	Reprocesamiento robusto y correcciones de los datos adquiridos en todas las líneas usando criterios y algoritmos similares, con el fin de unificar los resultados obtenidos al final del proyecto.	2510	\$ -	\$ -
	Subtotal		\$	-
2	MODELO GEOLÓGICO-GEOFÍSICO INTEGRADO			
	Modelamiento inverso de los perfiles MT, aplicando un análisis de sensibilidad que permita evaluar las anomalías persistentes a lo largo de cada perfil MT	615.146	\$ -	\$ -
	Interpretación preliminar de los perfiles MT a partir de los mejores resultados de cada perfil MT e información geológica disponible.	615.146	\$ -	\$ -
	Realizar una inversión conjunta y análisis de sensibilidad de los datos magnetotelúricos, gravimétricos y magnetométricos disponibles, a partir de un modelo geológico estructural preliminar que permita identificar las estructuras geológicas, basamento, fluidos, zonas de fracturamiento, anomalías de densidad, conductividad, resistividad, composición, y zonas de interés geotérmico	615.146	\$ -	\$ -
	Evaluar los resultados de los modelos obtenidos identificando las características y anomalías persistentes durante el análisis de sensibilidad.	7	\$ -	\$ -
	Representar los resultados por medio de perfiles geológicos para visualizar los cuerpos o anomalías identificados.	7	\$ -	\$ -
	Evaluar los resultados de los modelos geológicos comparando con los modelos geológicos – estructurales existentes, señalando las similitudes y diferencias, así como sus implicaciones en la historia geológica de la zona de estudio	7	\$ -	\$ -
	Subtotal		\$	-
3	EVALUACIÓN DE PROSPECTIVIDAD GEOTÉRMICA EN LAS ZONAS DE ESTUDIO			
	Identificación de zonas con propiedades favorables para posibles reservorios geotérmicos.	7	\$ -	\$ -
	Identificación de unidades estratigráficas con posibles propiedades favorables para reservorios geotérmicos, con mapas de distribución y espesor.	7	\$ -	\$ -
	Evaluación de la estructura termal a partir de datos de gradiente termal disponibles y estimados a lo largo de los perfiles MT.	7	\$ -	\$ -
	Integración de las zonas con propiedades de reservorio geotérmico, los niveles estratigráficos conocidos y la estructura termal para proponer posibles zonas de interés geotérmico a lo largo de los perfiles MT	7	\$ -	\$ -
	Subtotal		\$	-
4	INFORME FINAL			
	Informe final que recopile los antecedentes, metodología detallada (adquisición de datos, preprocesamiento, procesamiento, inversión, análisis, tratamiento de datos, interpretación), y los resultados obtenidos en este proyecto.	1	\$ -	\$ -
	Resumen ejecutivo del proyecto en idioma inglés mínimo 20 páginas	1	\$ -	\$ -
	Presentación ejecutiva del proyecto en idioma inglés y español mínimo 30 diapositivas	1	\$ -	\$ -
	Se presentará como mínimo un poster y artículo en inglés listo para enviar a publicación con los resultados más relevantes del proyecto.	1	\$ -	\$ -
	Nota: Se entiende que cada producto debe hacer parte integral del informe final del proyecto (el informe final contendrá un resumen ejecutivo en idioma inglés), incluyendo los anexos que se generen de cada producto y proyectos SIG con los respectivos archivos de geodatabase en ArcGIS versión 10.7 o superior, asociadas con la información generada en el proyecto, y la base de datos en formato SQL Server 2016 R2, sobre el sistema Operativo Windows Server 2014 Standard (o versión más reciente). Se deberán entregar todos los productos en formato ASCII y grids 3D que puedan ser leídos en otros programas como Petrel o similar			
	Subtotal		\$	-
TOTAL PRODUCTOS				\$ -
IVA 19%				\$ -
TOTAL COTIZACION				\$ -
Este debe ser diligenciado integralmente y no debe ser modificado en cantidades ni especificaciones de cada producto o actividad solicitados. Dicho valor será presentado en pesos colombianos y debe tener incluido todos los costos directos e indirectos, con sus respectivas tasas e impuestos proyectadas al año 2024, además de todos los gastos contingentes y todos aquellos que resulten necesarios para la ejecución del contrato en las condiciones de tiempo requeridos.				

PLAZO PARA SOLICITAR ACLARACIONES AL SONDEO DE MERCADO: Las compañías interesadas podrán formular observaciones y aclaraciones al presente documento al correo electrónico estudios.mercado@anh.gov.co antes del día 8 de marzo de 2024.

ENTREGA DE INFORMACIÓN DEL SONDEO DE MERCADO: Las compañías interesadas deberán presentar la información solicitada en el presente sondeo de mercado al correo electrónico:

Avenida Calle 26 N° 59 - 65 Piso 2
Edificio de la Cámara Colombiana de la Infraestructura
Bogotá D.C. - Colombia. Código postal: 111321
Teléfono: +57 (601) 593 17 17 - www.anh.gov.co

estudios.mercado@anh.gov.co hasta el día 12 de marzo de 2024.



Carlos Alberto Rey González
Vicepresidente Técnico (E)
Agencia Nacional de Hidrocarburos

Anexo: Uno (1) archivo tipo Excel – Tabla de Propuesta Económica

Aprobó: N/A

Revisó: Hugo Hernán Buitrago – Gerente Gestión del Conocimiento (e) 

Nelson Gregorio Lizarazo Suárez – Experto G3-6 Gestión del Conocimiento / Componente Técnico 

Proyectó: Juan Carlos Ramírez/ Contrato 111de 2024/ Componente Técnico. 