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:

La energía geotérmica es una de las fuentes de energía renovable claves en los planes de transición energética en Colombia y el mundo. Una de sus principales ventajas es que además de proveer fuentes alternativas que contribuyen en la seguridad energética, proporciona recursos térmicos para otros usos agrícolas, domiciliarios, industriales y comerciales (BID, 2020).

El escenario geotérmico en Colombia está asociado principalmente a áreas de la Cordillera Central la cual hospeda alrededor de 19 sistemas volcánicos que hacen parte de la zona volcánica Norte de Sur América definida por Stern 2004. Algunos de estos sistemas se encuentran recientemente activos como el Nevado del Ruiz, Galeras, Cumbal, Chiles Cerro Negro, Cerro Machín y Puracé. Adicionalmente, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) ha definido otras áreas con potencial geotérmico sobre zonas con presencia de manantiales termales y otras fuentes de emisión de calor superficial que amplían las probabilidades geotérmicas del país (SGC, 2019).

Una de las características más relevantes que tienen los escenarios geotérmicos se relaciona con la presencia de manifestaciones superficiales que pueden ser directas o indirectas (van der Meer, 2014) las cuales en conjunto con datos provistos por otras fuentes permiten delimitar zonas potenciales de interés geotérmico y proporcionar indicadores de primer orden para entender la porosidad y permeabilidad de las estructuras de zonas someras del subsuelo (Rodríguez et al., 2023). Dentro de estas manifestaciones se encuentran las anomalías térmicas superficiales, alteraciones minerales y modificaciones y/o cambios en coberturas vegetales próximas a zonas con altas emisiones de calor. Las áreas geotérmicas son estudiadas con una variedad de técnicas, incluyendo sensores remotos los cuales proveen un método de evaluación eficiente en costo y tiempo para evaluar la superficie de zonas geotérmicas e inferir procesos a nivel del subsuelo. La teledetección y los productos derivados de sensores remotos a bordo de diferentes tipos de plataformas como las imágenes multiespectrales, hiperespectrales y térmicas son un método de exploración indirecto que ha sido ampliamente usado para abordar diferentes fases de exploración y desarrollo de estudios geotérmicos, ya que permiten generar información de parámetros físicos de la superficie (temperatura superficial, flujo de calor, mineralogía de alteración hidrotermal, mapeo estructural, análisis de vegetación y geobotánica, entre otros) que ayudan a identificar y evaluar evidencias superficiales relacionadas con este recurso.

La adquisición y posterior procesamiento de datos de percepción remota puede proveer información relevante para el estudio de posibles áreas con potencial geotérmico. Estos datos de superficie ayudarán

a comprender evidencias directas e indirectas relacionadas a la exploración geotérmica que, junto con otros datos derivados desde otros métodos como la geofísica y la geoquímica, pueden contribuir a la zonificación de nuevas áreas con alta potencialidad al recurso geotérmico.

III. OBJETO A CONTRATAR:

Adquisición, procesamiento e interpretación de datos de sensores remotos en áreas de interés para proyectos de exploración de energía Geotérmica en dos subproyectos así:

- **Subproyecto 1:** Generación de cartografía de temperatura de superficie y flujo de calor radiativo, cartografía de especies minerales y de alteración hidrotermal, y cartografía de anomalías geobotánicas sobre bloques de interés geotérmico.

- **Subproyecto 2:** Generación de cartografía de temperatura de superficie y flujo de calor radiativo, y cartografía de anomalías geobotánicas sobre bloques de interés geotérmico.

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
81	15	1601	Cartografía
81	15	1703	Estudios Geológicos
81	15	1901	Estudios Geofísicos
81	15	1603	Fotogrametría
81	15	1704	Exploración Geológica
81	10	1512	Servicios de Sistemas de Información Geográfica

ASPECTOS TÉCNICOS Y ACTIVIDADES A EJECUTAR:

1. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO

✓ **SUBPROYECTO 1**

1. Generar la cartografía de temperatura de superficie regional desde un enfoque multitemporal, y productos de flujo de calor radiativo sobre cuencas sedimentarias y áreas de interés a partir de sensores remotos satelitales térmicos y algoritmos de procesamiento digital de imágenes. Validación de resultados regionales sobre fechas recientes usando métodos de cuantificación de temperatura en campo como fotogrametría térmica mediate UAV o termografía de campo.
2. Generar la cartografía de anomalías geobotánicas desde un enfoque multitemporal a partir de sensores remotos multiespectrales e hiperespectrales usando técnicas de PDI sobre cuencas sedimentarias y áreas de interés.
3. Cartografiar, identificar y analizar grupos y especies minerales de alteración hidrotermal a partir de sensores remotos multiespectrales e hiperespectrales usando técnicas avanzadas de procesamiento digital de imágenes (PDI), y validación de resultados mediante métodos analíticos de difracción de rayos X y análisis petrográficos.

✓ **SUBPROYECTO 2**

1. Generar la cartografía de temperatura de superficie regional desde un enfoque multitemporal, y productos de flujo de calor radiativo sobre cuencas sedimentarias y áreas de interés a partir de datos de sensores remotos satelitales térmicos y algoritmos de procesamiento digital de imágenes. Validación de resultados regionales sobre fechas recientes usando métodos de cuantificación de temperatura en campo como fotogrametría térmica mediate UAV o termografía de campo.
2. Generar la cartografía de anomalías geobotánicas desde un enfoque multitemporal a partir de sensores remotos multiespectrales e hiperespectrales usando técnicas de PDI sobre cuencas sedimentarias y áreas de interés.

1.1 Localización del Proyecto

El proyecto comprende áreas priorizadas sobre diferentes ambientes geológicos y geotérmicos que incluyen sistemas convectivos en la Cordillera Central y conductivos sobre cuencas sedimentarias de Colombia en las cuales hay evidencias de valores de gradientes geotérmicos anómalos (Figura 1) (Tabla 1 y 2).

El proyecto se desarrollará en dos tipos de ambientes geotérmicos:

- Áreas con evidencias de actividad volcánica actual o reciente (más joven que 5 Ma) de la Cordillera Central y sobre la Cordillera Oriental en los municipios de Paipa e Iza.
- Cuencas sedimentarias cuyos estudios preliminares indican gradientes geotérmicos superiores a 30°C/km, entre las cuales se incluyen las cuencas de Sinú-San Jacinto, Valle Inferior del Magdalena, Guajira, Cesar-Ranchería, Valle Medio del Magdalena, Catatumbo, Llanos Orientales, Valle Superior del Magdalena y Caguán-Putumayo.

En los dos tipos de ambientes geotérmicos y geológicos, se realizarán estudios integrando imágenes multiespectrales, hiperespectrales y térmicas en dos escalas principales:

- Escala regional (1:20.000 – 1:70.000): usando imágenes adquiridas por medio de sensores satelitales con una resolución igual o mejor a los 30 metros por pixel
- Escala detallada (mayores o iguales a 1:5000): usando imágenes adquiridas por sensores aerotransportados, o por medio de vehículos aéreos no tripulados (UAV).

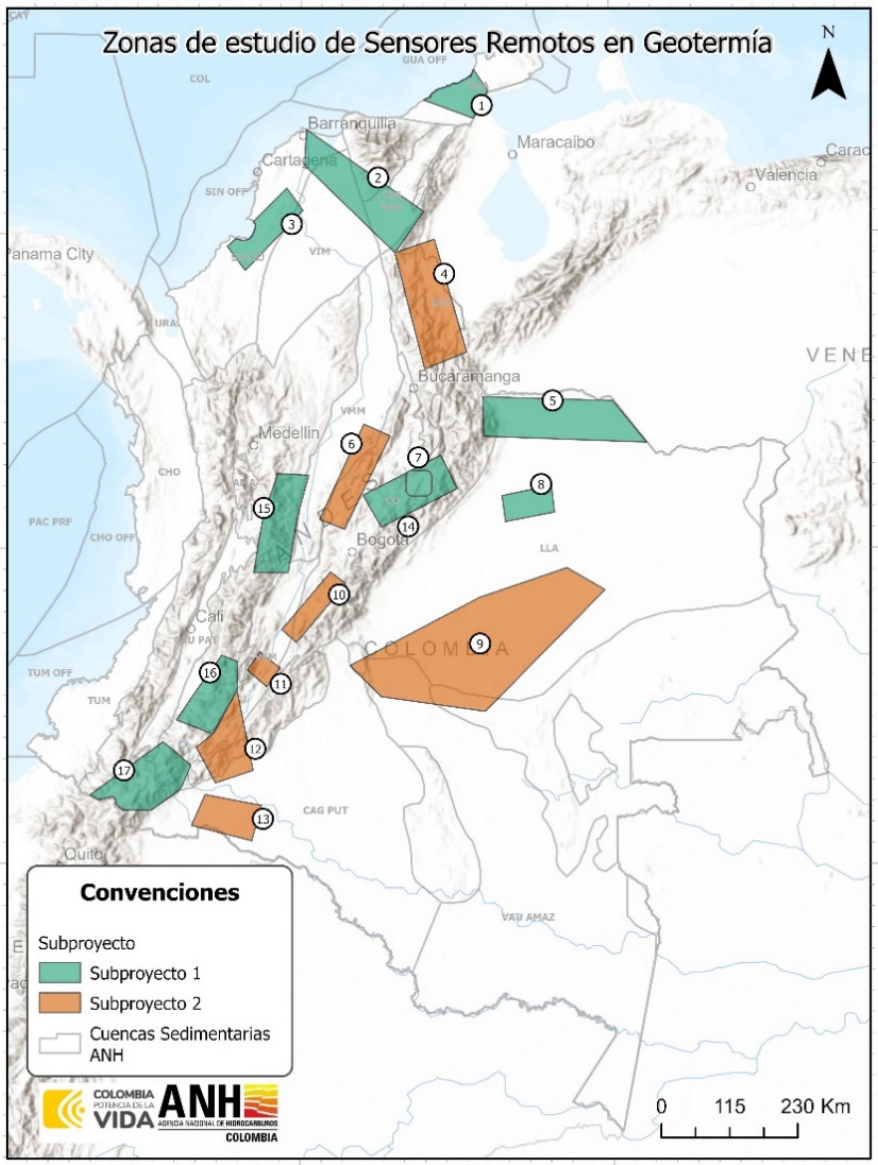

Figura 1. Mapa de ubicación de zonas geotérmicas potenciales sobre las cuales se desarrollarán los análisis. Bloques geotérmicos tomados y modificados de SGC, 2020

A continuación, se listan los tipos de áreas de interés tanto para el subproyecto 1 (Tabla 1) como el subproyecto 2 (Tabla 2):

ID	Tipo de Área	Nombre	Área Km2	Área Ha
1	Gradiente Anómalo	Guajira	4248,7	424873,2
2	Gradiente Anómalo	VIM-Cesar	15097,2	1509723,2
3	Gradiente Anómalo	Morrosquillo-Cansona	6206,4	620637,1
5	Gradiente Anómalo	Arauca	16670,4	1667037,0
7	Gradiente Anómalo	Paipa-Samacá	9119,6	911961,1
8	Gradiente Anómalo	Trinidad	3791,4	379140,6

14	Bloques SGC	CO-Paipa-Iza	1780,2	178019,6
15	Bloques SGC	CC-Norte	9499,5	949949,2
16	Bloques SGC	CC-Centro	7113,5	711352,3
17	Bloques SGC	CC-Sur	10386,3	1038630,5

Tabla 1. Áreas de las zonas de interés para el análisis del Subproyecto 1.

ID	Tipo de Área	Nombre	Área Km2	Área Ha
4	Gradiente Anómalo	Catatumbo	14651,5	1465145,9
6	Gradiente Anómalo	Velázquez-Landázuri	8257,0	825702,2
9	Gradiente Anómalo	Llanos	50464,3	5046426,9
10	Gradiente Anómalo	Prado-Villarrica	4226,9	422692,3
11	Gradiente Anómalo	Neiva	1637,1	163711,2
12	Gradiente Anómalo	Pitalito-Florencia	7580,7	758074,9
13	Gradiente Anómalo	Putumayo	5928,7	592865,2

Tabla 2. Áreas de las zonas de interés para el análisis del Subproyecto 2.

2. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

2.1 METODOLOGÍA

- **Revisión bibliográfica y disponibilidad de datos geoespaciales**

El proyecto tiene dos abordajes que incluye un análisis a escala regional con datos satelitales de uso libre y una etapa de validación de resultados a partir de datos comerciales de mejor resolución adquiridos ya sea desde sensores a bordo de satélites, aerotransportados o a bordo de aeronaves no tripuladas (UAV). En ese sentido, la primera fase requiere de una consulta o estudio de mercado para conocer el acceso, disponibilidad y diagnóstico de datos de Observación Terrestre que permitan cumplir los objetivos aquí propuestos. Para esto, se deben consultar Agencias Espaciales y Empresas proveedoras tanto de imágenes como de productos de alto nivel de procesamiento en donde se identifiquen y caractericen los sensores, instrumentos y plataformas disponibles para la adquisición. Esta revisión debe incluir la identificación de programas o proyectos con tecnologías de observación terrestre multiespectral e hiperespectral que incluyan adquisición de información en regiones del espectro electromagnético como el Infrarrojo térmico (TIR), Infrarrojo de onda corta (SWIR), Infrarrojo cercano (NIR), y la porción Visible (VIS) del espectro electromagnético.

Los sensores e instrumentos con bandas en el TIR (5 - 14 µm) deben usarse para la estimación de la temperatura de la superficie y para la cuantificación del flujo de calor. Es importante acotar que, en el caso de usar sensores térmicos a bordo de UAV, estos deben corresponder a sensores de tipo radiométrico para poder derivar valores en magnitudes físicas desde la imagen y no solo un producto de visualización de temperaturas. La región del SWIR (1,2 – 3,0 µm) es útil debido a que desde esta se pueden identificar respuestas espectrales y picos de absorción de energía que pueden llegar a indicar la presencia de un grupo o especie mineral. La región del SWIR tiene un amplio uso para el mapeo de especies minerales arcillosas asociados a procesos de alteración hidrotermal. Mientras que, la región del VNIR (Visible e infrarrojo cercano, 0,4 – 1,2 µm) son útiles para identificar variaciones espectrales, físicas y taxonómicas relacionadas con cuerpos vegetales, y es posible a partir de esta porción del espectro elaborar mapas de estrés vegetal e interpretarlos desde un contexto geológico/geotérmico (Gupta, 2018; Meneses y Almeida, 2012). La revisión tambien debe incluir un listado de los proveedores de imágenes consultados, tecnologías de los sensores, los recursos disponibles, características técnicas de las imágenes (resoluciones y escalas espaciales ofrecidas), incertidumbres de los sensores usados, modos de adquisición, escala cartográfica

máxima de análisis, precisión planimétrica horizontal, precios por áreas de adquisición, y toda la información necesaria para conocer y acceder a dichos productos. Además, algunos proveedores de imágenes ofrecen productos procesados de mayor nivel como, por ejemplo, productos de temperatura superficial y mapas minerales, esta información también debe ser incluida en la revisión.

- **Metodologías de procesamiento de datos para derivar variables temáticas de superficie**

Esta etapa incluye la revisión bibliográfica de las principales metodologías propuestas en la literatura para estimar temperatura superficial y flujo de calor desde datos de Teledetección Térmica, ventajas y desventajas de cada método teniendo en cuenta los principios físicos de la percepción remota. Además, se deben identificar los enfoques metodológicos disponibles para realizar mapeo de alteraciones minerales desde imágenes multiespectrales e hiperespectrales usando diferentes enfoques que incluyan índices espectrales, combinaciones de bandas, radios de bandas, reducción de dimensionalidad, inteligencia artificial, y algoritmos de clasificación no supervisada y/o clasificaciones supervisadas haciendo uso de bibliotecas de firmas espectrales de laboratorio en rocas y minerales (Por ej: Banco de firmas espectrales como la librería espectral de ASTER, librería espectral del Johns Hopkins, librería del *Jet Propulsion Laboratory JPL* o librerías espectrales del USGS -*United States Geological Survey-)*. Se deben revisar abordajes metodológicos y flujos de trabajo para el estudio y análisis de variaciones espectrales asociadas a estrés en coberturas vegetales desde datos multiespectrales e hiperespectrales utilizando las respuestas en regiones del infrarrojo cercano y espectro visible con el fin de identificar anomalías o cambios taxonómicos en la cobertura vegetal asociados a algún factor superficial, estos enfoques pueden incluir índices espectrales, combinaciones de bandas, radios de bandas, reducción de dimensionalidad, inteligencia artificial, y algoritmos de clasificación no supervisada y/o clasificaciones supervisadas haciendo uso de bibliotecas de firmas espectrales. El estado de arte de las metodologías debe incluir ventajas y desventajas de cada método consultado y casos de estudio.

- **Estimación de Temperatura Superficial (*Land Surface Temperature -LST)***

Desde la información ofrecida por los proveedores de productos de percepción remota se deberán construir mapas de temperatura y flujo de calor desde las imágenes térmicas corregidas atmosféricamente y por emisividades. Las metodologías más utilizadas para calcular temperaturas desde el dato radiométrico de la imagen suelen ser:

- Algoritmos mono canal

Este método permite extraer temperaturas desde los pixeles de la imagen, cuando el sensor solo ofrece una banda térmica. La temperatura aquí se estima teniendo en cuenta la ley inversa de Planck (Jiménez-Muñoz & Sobrino, 2003).

- Algoritmos bicanal (*Split Windows*)

A diferencia de los algoritmos monocanal, el método *Split Windows* es un algoritmo bicanal que puede ser aplicado cuando un sensor ofrece dos bandas térmicas centradas entre 8 y 14 µm. Este algoritmo ha sido de los más utilizados para generar mapas de temperatura superficial a diferentes escalas (Prata, 1993; Sobrino et al., 1993, 2004).

- Separación de temperatura y emisividad (*Temperature and Emisivity Separation* – TES)

Este método estima emisividades y temperaturas superficiales desde datos térmicos. Ha sido principalmente utilizado con las imágenes del sensor ASTER/Terra, el cual cuenta con cinco bandas térmicas (Gillespie et al, 1998).

Los métodos anteriormente mencionados se basan en la ley inversa de Planck para estimar temperaturas cuando los pixeles de la imagen tienen información de radiancia espectral (Ec 1). La ley inversa de Planck toma la radiancia de cada pixel, la emisividad de la superficie y unos valores constantes (c_1= 1.19104 × 10^8 W µm4 m^{-2} sr^{-1}, c_2= 14387,7µm K) y como resultado devuelve la temperatura asociada a cada pixel (Harris, 2013).

Para poder calcular desde estos datos la temperatura superficial es importante que se generen correcciones y calibraciones sobre las imágenes (etapas de preprocesamiento), y se tengan en cuenta características intrínsecas de la superficie como la emisividad, correcciones atmosféricas y otros ruidos sistemáticos y no sistemáticos que puedan tener las imágenes.

En caso tal, que los proveedores de imagen entreguen productos ya procesados de temperatura, deberán mencionar si el dato entregado hace referencia a temperaturas de brillo o a temperaturas superficiales (calibradas por emisividades y correcciones atmosféricas). Se deberá especificar el método utilizado, las correcciones aplicadas y un informe de calidad del producto final.

- **Estimación de flujos de calor**

Las estimaciones de flujo de calor que se pueden calcular desde las imágenes se derivarán desde los mapas de temperatura superficial y serán calculados con base en el principio físico de la Ley de Stefan-Boltzmann. Esta ley estima la densidad del flujo de calor por unidad de área, y muestra que a medida que una superficie se calienta la energía que emite el cuerpo aumenta de manera exponencial (Ec. 2) (Harris, 2013).

El mapa de flujo de calor cuantificado a partir de sensores remotos térmicos debe ser comparado y cotejado en relación a mapas de flujo de calor publicados para Colombia, generados a partir de otros enfoques metodológicos.

- **Mapeo de alteraciones hidrotermales**

Para el subproyecto 1 que incluye actividades de mapeo mineral se deben consultar los diferentes enfoques de análisis espectral que permiten identificar especies minerales desde las imágenes. Uno de los algoritmos más utilizados en la bibliografía para el mapeo mineral es el algoritmo de clasificación supervisada SAM (*Spectral Angle Mapper*). SAM es un método de clasificación espectral basado en el pixel de la imagen, que utiliza un ángulo n-dimensional para hacer coincidir los valores de los pixeles de la imagen analizada con valores de referencia como una biblioteca espectral (Sinaice, et al., 2022). Este tipo de análisis puede estar acompañado de transformaciones de imagen como composiciones color, radios de bandas, índices espectrales y análisis de componentes principales.

A partir del procesamiento y análisis de los canales centrados en la región del infrarrojo térmico (TIR) se podrán mapear grupos minerales como nitratos, nitritos, carbonatos, silicatos, óxidos y fosfatos. Complementariamente, con los canales centrados en la porción del infrarrojo de onda corta (SWIR) se podrán mapear grupos como hidroxilos, carbonatos y especies minerales arcillosas, y desde los canales del visible se podrán identificar grupos minerales férricos (Gupta, 2018). Para validar los resultados del análisis regional se deben utilizar datos hiperespecrales adquiridos por plataformas de tipo UAV, los sensores hiperespectrales deben ser capturados en la región visible, infrarrojo cercano, e infrarrojo de onda corta (VNIR-SWIR) los cuales permiten mapear detalladamente diferentes grupos y especies minerales. Los datos hiperespectrales usados en diferentes contextos geológicos han permitido generar diferentes tipos de caracterizaciones de mineralogías hidrotermales en superficie, y además ofrecen una visión sinóptica más amplia, mayores áreas cubiertas, y mejores relaciones costo-beneficio. Dentro de los datos de sensores hiperespectrales satelitales se encuentran proyectos como EnMap y PRISMA, o aerotransportados como el HySpex con alrededor de 490 bandas en las regiones VNIR y SWIR (Integrados en un mismo sensor), aumenta las capacidades para diferenciar especies minerales y deben ser usados para abordar y generar los productos relacionados con este objetivo.

- **Índices espectrales y geobotánica sobre coberturas vegetales**

El estudio geobotánico orientado a diferenciar y caracterizar diferentes tipos de estrés en coberturas vegetales, es de suma importancia en estudios de áreas con potencial geotérmico con zonas con diferentes niveles de densidad de vegetación como Colombia, ya que el comportamiento vegetal responde a diferencias en las propiedades químicas/texturales de los suelos y las litologías, presencia de minerales pesados o gases, que en conjunto afectan la vigorosidad y estado de las coberturas vegetales.

Se realizará el estudio del comportamiento espectral de la vegetación en la porción visible, infrarrojo cercano (NIR), e infrarrojo de onda corta (SWIR) del espectro electromagnético a partir del análisis espectral detallado mediante firmas espectrales de vegetación, combinaciones de bandas, radios de bandas, índices espectrales, y análisis de componentes principales (PCA), esto con el fin de identificar variaciones en los cambios morfológicos y estructurales de las plantas, cambios de pigmentación, cambios en patrones de crecimiento y/o densidad, que puedan ser asociados a cambios térmicos y/o variaciones composicionales del sustrato (Rodríguez-Gómez, et al., 2020).

NOTA: La metodología presentada en este documento constituye una guía general basada en trabajos y bibliografía publicados. El contratista podrá presentar su propia metodología que cumpla con los requisitos de calidad y permita abordar integralmente los objetos y alcances de cada subproyecto.

2.2 ACTIVIDADES

Se describen a continuación las actividades propuestas para abordar y cumplir los objetivos de cada uno de los subproyectos asociados a este sondeo de mercado.

2.2.1. Inventario de disponibilidad de datos y diagnóstico técnico

- Consulta y diagnóstico de disponibilidad de datos de sensores remotos multiespectrales, térmicos e hiperespectrales (Uso libre) sobre áreas de interés para la escala de trabajo regional. La resolución del pixel para esta escala no debe ser mayor a los 30 metros.
- Caracterización de las imágenes seleccionadas para los diferentes análisis garantizando la calidad e integridad del dato (Evaluación de condiciones meteorológicas, exposición, sombras, estacionalidad del área de estudio).
- Descripción de los procesos de evaluación de calidad y selección de los mejores pixeles en los catálogos consultados, descripción de geoprocesos de adecuación.
- Selección, administración y adecuación de insumos y datos para el análisis. Las imágenes satelitales deben tener los pixeles de mejor calidad de los catálogos hiperespectrales, y multiespectrales de acceso libre consultados. Deben cumplir con condiciones mínimas de nubosidad sobre el área de estudio (*Scene Cloud Cover, Land Cloud Cover* <15%) y características atmosféricas de adquisición adecuadas.
- Pre-procesamiento sobre las imágenes seleccionadas que incluyan correcciones geométricas, radiométricas y atmosférica en función del tipo de dato y/o sensor.
- Catálogo y repositorio de imágenes utilizadas (Nativas y Pre-Procesadas) administradas por tipo de sensor en una base de datos geográfica (*Geodatabase*) y directorios por sensor. (Aplica para desarrollos en escritorio y nube), y diccionarios de datos asociados. Debe contener atributos como: Fecha de adquisición, parámetros de adquisición, nivel de procesamiento, tipo de producto, Path/Row, ID, resoluciones, entre otras).
- Rutinas y scripts en Python explicados y replicables en Jupyter Notebooks y/o Google Colab para cada subproyecto, en donde se garantice el acceso a los catálogos de imágenes consultados, adecuados y listos para el análisis (Aplica para imágenes en ambiente de nube).

Nota: Las imágenes propuestas para esta actividad son los catálogos de ASTER, Sentinel 2, Landsat 8 y 9, y los datos hiperespectrales de EnMap y PRISMA.

2.2.2. Cálculo de variables y mapas temáticos de superficie

- Cartografía de temperatura de superficie (LST) multitemporal con series temporales a partir del procesamiento de datos satelitales térmicos. Los productos deben ser corregidos atmosféricamente y por emisividades.
- Estimación de flujo de calor radiativo promediado a partir de datos de temperatura para cada tipo de sensor.
- Cartografía e identificación de grupos y/o especies minerales de alteración hidrotermal a partir de análisis espectral multisensor (multiespectral e hiperespectral). Debe incluir la generación de índices espectrales, combinaciones de bandas, radios de bandas, análisis de componentes principales, reducción de la dimensionalidad, clasificaciones supervisadas y no supervisadas (Aprendizaje Automático), análisis estadístico y espectral con datos de reflectancia de laboratorio (bibliotecas de firmas espectrales), entre otros. (**Aplica para el Subproyecto 1).**
- Cartografía multitemporal de áreas con anomalías geobotánicas relacionadas con la presencia de gases, minerales pesados y/o altas temperaturas a partir de análisis espectral multisensor (multiespectral e hiperespectral). Debe incluir generación de índices espectrales, combinaciones de bandas, radios de bandas, análisis de componentes principales, clasificaciones supervisadas y no supervisadas (machine learning), análisis estadístico y espectral con datos de reflectancia de laboratorio (bibliotecas de firmas espectrales), entre otros.
- Informes técnicos con estado del arte de metodologías para la estimación y validación de variables de superficie mediante análisis espacial, espectral y usando procesamiento digital de imágenes, y con la descripción técnica y metodológica de los procesos aplicados para derivar cada una de las variables de superficie en los dos subproyectos.
- Catálogo y repositorio de variables resultantes (Imágenes Procesadas) por objetivo, administradas por tipo de sensor en una base de datos geográfica (*Geodatabase*) y directorios por sensor. (Aplica para desarrollos en escritorio y nube)
- Rutinas y scripts en Python explicados y replicables en *Jupyter Notebooks* y/o *Google Colab* para cada subproyecto, en donde se garantice el acceso a los catálogos de imágenes consultados, adecuados y listos para el análisis (Aplica para imágenes en ambiente de nube).

2.2.3. Validación y Análisis de Resultados de Superficie

- Delimitación e identificación de zonas con anomalías térmicas permanentes y temporales utilizando análisis geoestadístico de series temporales de LST.
- Validación de datos de temperatura de superficie regional en fechas coincidentes con fechas de adquisición satelital mediante el uso de termografía de mano o termografía UAV/aerotransportada con sensores térmicos radiométricos-ortorrectificados con un área de 1,0 km^2 por bloque.
- Mapeo y análisis de zonas con anomalías del flujo de calor radiativo mediante análisis espacial y geoestadístico.
- Delimitación de zonas con presencia de minerales de alteración hidrotermal relacionada con procesos geotérmicos **(Aplica para el Subproyecto 1)**.
- Validación de cartografía de zonas con alteraciones hidrotermales a partir de datos hiperespectrales VNIR-SWIR capturados por plataformas UAV/aerotransportadas en un área de 1,0 km^2 de cada bloque. Cuantificación de áreas, mapeo detallado y análisis espectral detallado para inferir composiciones, cristalinidad e inferir temperaturas de formación de especies minerales. Corroboración de resultados con información litológica, técnicas petrográficas y de difracción de rayos X (**Aplica para el Subproyecto 1).**
- Generación de librerías espectrales a partir de datos hiperespectrales de mayor resolución espacial y espectral (**Aplica para el Subproyecto 1).**
- Delimitación y mapeo de zonas con anomalías geobotánicas permanentes y temporales mediante análisis geoestadístico de series temporales que incluya identificación de perturbaciones, tendencias, cambios y anomalías.
- Validación de cartografía de zonas con anomalías geobotánicas a partir análisis multitemporal de mínimo 2 fechas diferentes con mosaicos trimestrales de *PlanetScope* (imágenes de archivo con

bandas RGB-NIR) en mínimo el 10% del área de cada bloque. Análisis de la vegetación a escala detallada mediante indicadores espectrales que permitan inferir características estructurales, texturales y biofísicas de la vegetación relacionadas con estrés vegetal.

- Informes técnicos con los principales resultados de los procedimientos y flujos metodológicos de análisis y validación aplicados a los datos de uso libre en escala regional y comerciales usados para la escala detallada y validación.
- Atlas digital con los resultados obtenidos y ajustados con los métodos de validación.
- Catálogo de imágenes hiperespectrales UAV/Aerotransportadas con corrección radiométrica, geométrica y atmosférica, mosaicos hiperespectrales con corrección geométrica, y con corrección atmosférica.
- Catálogo de imágenes UAV térmicas radiométricas individuales (con geotags), y mosaico térmico radiativo ortorrectificado con las correcciones pertinentes.
- Catálogo y repositorio de variables resultantes de la validación y el análisis por cada objetivo, administradas por tipo de sensor en una base de datos geográfica (Geodatabase) y directorios por sensor. Para datos multidimensionales entrega de archivos en formato *Cloud Raster Format* (CRF) o formatos compatibles de *WebMapping*.
- Rutinas y scripts en Python explicados y replicables en *Jupyter Notebooks* y/o *Google Colab* para cada subproyecto, en donde se garantice el acceso a los catálogos de imágenes consultados, adecuados y listos para el análisis (Aplica para imágenes en ambiente de nube).

2.2.4. Informe Final Integrador y Proyecto GIS

- Informes Finales integradores por cada subproyecto que incluyan la integración de los resultados y productos de este proyecto, flujos metodológicos para el cálculo de las variables de superficie, y flujos metodológicos para validación y análisis de los resultados asociados a cada objetivo de los subproyectos. Se deben definir y discutir las áreas de mayor prospección al recurso a partir del mapeo de variables de superficie con el fin de definir y acotar áreas para estudios geológicos, geoquímicos, y geofísicos de mayor detalle. Debe incluir la discusión de los resultados obtenidos a la vista de otras fuentes de información tanto geológica, geofísica y geoquímica de fuentes secundarias.
- Proyectos GIS con toda la información geoespacial asociada a los dos subproyectos, la producción cartográfica, los datos y Bases de Datos Geográficas (GDBs) que incluyan todos los resultados geoespaciales, productos y variables de superficie generadas. Debe incluir todos los catálogos y repositorios de imágenes usados y generados, los diccionarios de datos asociados a cada catálogo, los atlas digitales, metadatos, librerías espectrales, entre otros.

2.3 PRODUCTOS ASOCIADOS

2.3.1. Inventario de disponibilidad de datos y diagnóstico técnico

- Informe técnico de los inventarios y diagnósticos realizados, debe incluir en detalle características de los datos adquiridos por cada objetivo de los subproyectos, descripción de las técnicas y algoritmos de pre-procesamiento (corrección geométrica, radiométrica, atmosférica) aplicadas por tipo de sensor.
- Catálogo/repositorio de datos seleccionados y preprocesados y diccionario de datos asociado.
- Rutinas de acceso/pre-procesamiento

2.3.2. Cálculo de variables y mapas temáticos de superficie

- Informe técnico con estado del arte, y flujos metodológicos aplicados para el cálculo de variables temáticas que permitieron cumplir los objetivos de cada uno de los subproyectos.
- Mapas temáticos generados a escala regional: Cartografía de temperatura de superficie multitemporal y flujo de calor, cartografía de alteraciones minerales, cartografía geobotánica multitemporal.

- Catálogo/repositorio de datos procesados y de resultados temáticos por tipo de sensor y objetivo para cada subproyecto, y diccionario de datos asociado.
- Rutinas de acceso/procesamiento

2.3.3. Validación y Análisis de Resultados de Superficie

- Informe técnico con flujos metodológicos para el análisis de los resultados a escala regional, y descripción detallada de procesos de adquisición/procesamiento de datos de mayor resolución, y de flujos de trabajo de validación de resultados para cada variable generada.
- Atlas digital con los resultados generados y las áreas potenciales delimitadas para los objetivos de los subproyectos.
- Librerías espectrales mediante los datos hiperespectrales de alta resolución.
- Catálogo/repositorio de datos usados en la validación y de los resultados (Para datos hiperespectrales imágenes individuales con corrección radiométrica, geométrica y atmosférica, y mosaicos con correcciones, para datos térmicos imágenes individuales corregidas con geotags, y mosaicos corregidos), y diccionario de datos asociado.
- Rutinas de análisis y validación.

2.3.4. Informe Final Integrador y Proyecto GIS

- Informe final integrador
- Proyecto GIS con toda la información geoespacial

Todos los productos deben ser entregados de acuerdo con el manual de entrega de información técnica del Banco de Información Petrolera (BIP) – EPIS. En dicho manual se definen los procedimientos, productos, formatos y medios para la entrega de documentación e información técnica de toda la información adquirida o generada en el marco del desarrollo de los contratos de evaluación, exploración y producción de Hidrocarburos en Colombia al BIP del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

El manual de entrega de información técnica del EPIS puede ser consultado en la siguiente dirección electrónica (Manual Entrega EPIS). En caso de que el manual presente algún tipo de actualización durante el tiempo de ejecución del contrato, estas deben ser tenidas en cuenta en la presentación de los entregables y productos finales al BIP-EPIS.

3. PLAZO DE EJECUCIÓN

El proyecto tiene una duración de ocho (8) meses sin sobrepasar el día 31 de diciembre de 2024.

4. PERSONAL MÍNIMO

Personal Mínimo				
Cargo	**Perfil**	**Cantidad**	**Dedicación**	**Experiencia Mínima**
Director del Proyecto	Profesional en geología, ingeniería geológica y ciencias afines con mínimo maestría en cualquier de las siguientes áreas: geociencias, geomática o recursos minerales.	Uno (1)	100%	Diez (10) años de experiencia en el ejercicio de su profesión contados a partir de la expedición de la tarjeta profesional, de los cuales Cinco (5) años de experiencia sean como director o gerente en proyectos relacionados con cartografía geológica, exploración geológica/geotérmica y proyectos de geomática.
Científico de datos geoespaciales	Geólogo, Ingeniero Geólogo, Ingeniero catastral, Ingeniero de sistemas o profesiones afines con maestría en ciencia de datos, sensores remotos, geomática o afines.	Uno (1)	100%	Cinco (5) años de experiencia en el ejercicio de su profesión contados a partir de la expedición de la tarjeta profesional, de los cuales dos (2) años de experiencia sean en el manejo de software de procesamiento y análisis de imágenes en ambientes de escritorio y de nube, uso de herramientas de analítica espacial, GIS, inteligencia artificial y conocimientos en programación GIS con Python.
Profesional en Sensores	Geólogo, Ingeniero Geólogo, Ingeniero	Dos (2)	100%	Cinco (5) años de experiencia en el ejercicio de su profesión contados a partir de la expedición de la tarjeta profesional, de

Remotos y GIS	catastral o profesiones afines con maestría o especialización en geomática, sensores remotos, GIS, o afines.			los cuales dos (2) años de experiencia sean en el desarrollo de proyectos relacionados con cartografía geológica, espectroscopía de imágenes, cartografía geológica con sensores remotos, exploración mineral y/o exploración geológica/geotérmica. Manejo de herramientas de análisis espacial GIS y de cartografía digital.
Profesional en Geología o Ingeniería Geológica	Profesional geólogo, o ingeniero geólogo con maestría o especialización en geología, geofísica, o afines.	Uno (1)	100%	Cinco (5) años de experiencia general en el ejercicio de su profesión contados a partir de la expedición de la tarjeta profesional, de los cuales dos (2) años de experiencia sean en la preparación, interpretación e integración de datos de laboratorio (DRX, Petrografía), adquisición e interpretación de datos de espectroscopia reflectiva aplicada al mapeo de zonas con presencia de minerales de alteración hidrotermal, y producción cartográfica. Conocimientos en programación en Python.
Profesional GIS junior	Ingeniero catastral, ingeniero topográfico, geólogo o profesiones afines.	Uno (1)	100%	Dos (2) años de experiencia profesional en el ejercicio de su profesión contados a partir de la expedición de la tarjeta profesional, de los cuales un (1) año de experiencia sea en el manejo de herramientas GIS para administración de datos y cartografía digital, y herramientas de procesamiento digital de imágenes en ambiente de escritorio y de nube.

LUGAR DE EJECUCION:

El proyecto constará de trabajo de laboratorio y oficina, que se desarrollará en el lugar donde tenga jurisdicción el ejecutor, o donde la ANH indique.

Se deben atender reuniones presenciales en las instalaciones de la Agencia Nacional de Hidrocarburos en la ciudad de Bogotá cuando aplique.

PROPUESTA ECONÓMICA:

Se puede participar en 1, 2, o en los 2 subproyectos. Se debe presentar un presupuesto detallado para cada uno de los productos de cada subproyecto. Los costos y valores presupuestados para cada producto deben ser con vigencia al año 2024. Para ello, diligenciar las tablas de Excel para cada subproyecto según aplique.

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___

PRESENTACIÓN DE INQUIETUDES Y OBSERVACIONES: Las firmas interesadas podrán presentar la inquietudes u observaciones que surjan del presente sondeo de mercado al correo electrónico: ***estudios.mercado@anh.gov.co***, antes del 25 de enero de 2024.

ENTREGA DE INFORMACIÓN DEL SONDEO DE MERCADO: Las firmas invitadas deberán presentar la información solicitada en el presente sondeo de mercado al correo electrónico: ***estudios.mercado@anh.gov.co***, hasta el 25 de enero de 2024

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

Anexo: Dos (2) archivos tipo Excel – Tabla de cotización para cada subproyecto

Aprobó:	Carlos Rey – Vicepresidente Técnico (e)
Revisó:	Nelson Gregorio Lizarazo Suárez – Experto G3-6 Gestión del Conocimiento VT/ (Componente Técnico)
Proyectó:	Leily Johanna Candela Becerra – Contrato No. 493 de 2023/Vicepresidencia Técnica (Componente Técnico) Cesar Augusto Suárez Herrera – Contrato No. 244 de 2023/Vicepresidencia Técnica (Componente Técnico) Juan Carlos Ramírez Arias – Contrato No. 241 de 2023/Vicepresidencia Técnica (Componente Técnico)