ANEXO 1
CONDICIONES TECNICAS BASICAS OBLIGATORIAS

OBJETO POR CONTRATAR

Realizar el análisis integral de corazones de pozos perforados por la ANH para avanzar en la evaluación del potencial de fuentes no convencionales de energía y la descarbonización.

ALCANCE DEL OBJETO

El alcance del proyecto abarca la caracterización integral de un mínimo de 10.000 pies de núcleos de roca almacenados en la Litoteca Nacional en Piedecuesta, Santander, seleccionados de pozos de interés identificados por la Vicepresidencia Técnica de la ANH. Incluye la elaboración de un plan detallado de trabajo (PDT) con metodología, cronograma y equipo; la recopilación y revisión de información secundaria de pozos y fuentes como el BIP-EPIS; la verificación, diagnóstico y recomendaciones para la preservación de los núcleos, junto con protocolos de muestreo y transporte; la adquisición de análisis que comprende la descripción pie a pie de los núcleos en escala 1:25 (con al menos el 10% en escala 1:10 en zonas de interés estratigráfico o estructural), tomografía computarizada de alta resolución con dual energy y más de 1.500 slices por metro lineal, así como análisis complementarios como DRX, FRX, SEM, petrografía, porosidad y permeabilidad, gamma ray spectral, bioestratigrafía, Mohr-Coulomb, inclusiones fluidas, TOC/Ro/Rock Eval y propiedades geomecánicas (velocidades de onda P y S, módulos elásticos Young, Shear, Bulk y Poisson's Ratio); el desarrollo de análisis específicos para hidrógeno mediante la exposición de 10 muestras (5 niveles de shale y 5 de arenita) a hidrógeno en condiciones de subsuelo durante 54 días, seguido de comparaciones cualitativas y cuantitativas de los resultados geoquímicos y geomecánicos antes y después de la exposición; y, finalmente, la entrega completa de los datos al banco de información de la ANH según sus protocolos establecidos, junto con la devolución de los núcleos a la Litoteca en un estado igual o mejor al inicial. El proyecto deberá ejecutarse hasta el 15 de diciembre de 2026, y contará con el personal mínimo requerido por la ANH, que incluye director de proyecto, dos geólogos líderes para descripción de corazones, profesional GIS, profesional en tomografía y profesional de laboratorio.

LUGAR DE EJECUCIÓN

El proyecto se desarrollará en la Litoteca Nacional, ubicada en Piedecuesta, Santander; donde se encuentran almacenados los núcleos de roca. Las actividades de verificación, descripción y muestreo se realizan in situ en estas instalaciones. Los análisis complementarios y de laboratorio se llevan a cabo en instalaciones especializadas y certificadas, aprobadas por la ANH, que garanticen la integridad de las muestras. El contratista cubre todos los costos de transporte desde y hacia la Litoteca, asegurando protocolos de seguridad y preservación.

Miembros del personal del contratista deberán atender reuniones presenciales en las instalaciones de la Agencia Nacional de Hidrocarburos en la ciudad de Bogotá cuando aplique.

Así mismo se podrán realizar reuniones virtuales. El personal designado por la ANH para la supervisión de las actividades podrá visitar las diferentes ubicaciones cuando este lo estime conveniente.

PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA:

Presentar en los siguientes 5 días hábiles de suscripción del acta de inicio, un cronograma y programa detallado de trabajo y ejecución del contrato, el cual es de estricto cumplimiento en todas sus partes, con relación a las diferentes etapas y términos que comprenden el cumplimiento y ejecución del objeto de este contrato, dichos documentos serán aprobados por el supervisor del contrato máximo dentro de los cinco (5) días siguientes a la entrega de dichos documentos.

INFORMES DE AVANCES MENSUALES:

Para el desarrollo del proyecto el ejecutor deberá realizar informes técnicos mensuales de avance que plasmen el avance técnico y novedades administrativas como personal de los grupos de trabajo y gestiones administrativas.

PLAZO DE EJECUCIÓN DEL CONTRATO:

El plazo de ejecución del presente contrato será hasta el 15 de diciembre de 2026, inclusive, contado a partir de la suscripción del acta de inicio.

Parágrafo. – El Acta de Inicio solamente se suscribirá previo cumplimiento de los requisitos de perfeccionamiento, esto es, la firma de las partes, registro presupuestal y aprobación de las garantías.

ASPECTOS TECNICOS Y ACTIVIDADES A EJECUTAR

1. REALIZACIÓN DEL PLAN DETALLADO DE TRABAJO.

1.1. Elaboración del PDT incluyendo como mínimo los siguientes apartados: portada, tabla de contenido, lista de figuras, introducción, objeto, metodología, descripción de las etapas y actividades con aspectos críticos y claves para su desarrollo, equipo de trabajo con organigrama del personal que participará en el proyecto, revisión preliminar de información, especificación de fechas de entrega de productos y cronograma detallado que indique: tiempos, actividades, hitos, productos, dependencias entre actividades y personal del equipo mínimo requerido asignadas.

2. RECOPILACIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.

2.1. Revisar la información técnica y geológica disponible de los pozos perforados por la ANH que serán analizados.
2.2. Recopilar y evaluar los datos disponibles en el BIP-EPIS y otras fuentes de información, que puedan ser integrados en el análisis de los núcleos.

Nota: Los núcleos por analizar corresponderán a como mínimo 10.000 pies, los cuales deberán provenir de los pozos seleccionados a partir de un listado proporcionado por la Vicepresidencia Técnica y corresponderán a las zonas de interés de la Agencia Nacional de Hidrocarburos. Igualmente, serán seleccionados de común acuerdo con el supervisor del contrato.

3. VERIFICACIÓN, DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA PRESERVACIÓN DE LOS NÚCLEOS

3.1. Realizar una evaluación del estado de preservación de los núcleos de roca almacenados en la Litoteca Nacional que serán analizados. Esta evaluación incluirá una inspección visual detallada, diagnóstico de los posibles daños o alteraciones sufridas por los núcleos durante su almacenamiento y un análisis de la documentación asociada a cada núcleo.

3.2. Evaluar la aplicabilidad de las técnicas de análisis propuestas en función del estado de preservación de cada núcleo y de los análisis realizados con anterioridad para seleccionar los métodos más adecuados para obtener resultados confiables y representativos.

3.3. Seleccionar el total de pozos con el fin de alcanzar un total mínimo de 10.000 pies para realizar el análisis integral de los mismos. Este proceso se llevará a cabo de manera conjunta con la supervisión.

3.4. Cumplir con los protocolos detallados de preservación de los núcleos que serán analizados, según lo establecido por la Litoteca Nacional. En caso de que los análisis a realizar incluyan procesos no contemplados en dichos protocolos, se deberá elaborar el protocolo correspondiente para la preservación de los núcleos a analizar.

Nota 1: Todos los costos asociados con la verificación, diagnóstico y recomendaciones para la preservación de los núcleos serán responsabilidad del contratista, y deberán estar incluidos en la propuesta presentada para el sondeo de mercado. Quien además deberá adelantar todos los trámites que sean necesarios ante la Litoteca Nacional.

Nota 2: El muestreo, análisis y descripción de los corazones de un pozo determinado, sólo podrá iniciarse una vez se haya culminado con el proceso de verificación y preservación del mismo.

4. ADQUISICIÓN DE ANÁLISIS

4.1. Plan detallado para la realización de los análisis que considere el estado de preservación de los núcleos, incluyendo la justificación de la elección de las técnicas de análisis más adecuadas para cada núcleo, protocolo de muestreo (preparación de las muestras y preservación de las mismas para los distintos análisis), evaluación del impacto de los daños observados en los resultados de los análisis propuestos, control de calidad de los resultados y cronograma.

4.2. Descripción de corazones pie a pie: El contratista llevará a cabo la descripción detallada (escala 1:25) de la totalidad de los pies de núcleos aprobados por la supervisión del contrato en las instalaciones de la Litoteca Nacional, en zonas de interés estratigráfico o estructural la descripción de núcleos debe ser en escala 1:10, las descripciones a esta escala deben corresponder a como mínimo el 10% de la totalidad de los pies de núcleo a analizar. El contratista deberá gestionar ante la Litoteca Nacional todos los servicios de movimiento de cajas, alquiler de mesas y salas de consulta, de acuerdo con las tarifas y condiciones estipuladas en la Resolución del SGC No 236 de 2022**.**

Nota 1: La descripción de los corazones debe contener como mínimo la siguiente información:

a) Descripción macroscópica de los núcleos que contenga las características faciales (contacto entre estratos, litología, estructuras sedimentarias físicas, químicas y biológicas y fósiles si están presentes). En rocas calcáreas, se hará la descripción, determinación y cuantificación de componentes ortoquímicos / aloquímicos y en Calcarenáceas o mixtas de minerales detríticos (terrígenos) / ortoquímicos / aloquímicos, así como los materiales aglutinantes. Las rocas terrígenas serán clasificadas de acuerdo con la nomenclatura de Folk (1974) y/o

Pettijohn (1987). Las rocas calcáreas se utilizará la nomenclatura Dunham (1962) y/o Folk (1972). Si se presentan rocas metamórficas, deberá usarse la clasificación de la IUGS_SCMR (Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks). Si se presentan rocas ígneas, deberá usarse la clasificación de Streckeisen. Si se presentan alteraciones o mineralizaciones deberán ser descritas.

b) Subdivisión del pozo en intervalos o segmentos de acuerdo con asociaciones de facies sedimentarias, en caso de ser posible, utilizando datos bioestratigráficos y la nomenclatura estratigráfica utilizada en el área. En aquellos pozos que dispongan registros de imágenes, como el Ultrasonic Borehole Imager (UBI), o el registro dipmeter, se deberá establecer hipótesis de paleo corrientes. Adicionalmente, para los pozos que cuenten con caliper se deberá estimar las zonas con breakouts o washouts, junto a direcciones de elongación de los huecos en los pozos, y correlacionar estas zonas con otras características observadas en otros registros.

c) Identificación de niveles con mineralizaciones, alteración hidrotermal y zonas de fallamiento.

d) Elaborar columnas estratigráficas detalladas para cada pozo, basadas principalmente en las descripciones litológicas de los núcleos. Estas columnas servirán como referencia principal para la interpretación de los registros eléctricos, permitiendo identificar posibles discrepancias entre las descripciones de los núcleos y los resultados de los registros. Para así comprender los casos en los que los registros no reflejan fielmente las características litológicas de la formación.

e) Informe de interpretación de la información adquirida enfocada en lo presentado a continuación:

i. Caracterización sedimentológica/estratigráfica con la identificación de procesos de sedimentación, diagénesis y alteraciones posteriores.

ii. Determinación de la edad de las secuencias e identificación de la extensión de discordancias regionales y locales.

iii. Interpretación de facies, asociaciones de facies y paleoambientes con múltiples criterios incluyendo observación de estructuras físicas, biogénicas, ignofacies, indicadores paleontológicos.

iv. Caracterización estructural de fracturas, intensidad, tipo y características.

v. Propiedades petrofísicas de las rocas reservorio, porosidad primaria, secundaria, fracturamiento, permeabilidad y densidad.

vi. Caracterización geoquímica de roca total de las rocas de grano fino (orgánica e inorgánica) en base a análisis de elementos mayores, menores y traza con cálculo de los óxidos mayores con el fin de tener parámetros paleoambientales, diagenéticos y de rocas fuentes de los sedimentos, entre otras.

vii. Caracterización de procedencia de rocas clásticas y mixtas por petrografía.

4.3. Adelantar la adquisición de la información de tomografía sobre los corazones seleccionados de acuerdo con el Protocolo de Tomografía Computarizada de la ANH y el Manual de Entrega de

Información Técnica y Geológica de las Actividades de Exploración, Evaluación y Producción de Hidrocarburos al Banco de Información Petrolera (Ver documentos adjuntos). En todo caso, los corazones deben ser escaneados con tomógrafos digitales de alta resolución, de tal manera que garanticen información en dos niveles de energía que permitan diferenciar densidades absolutas y número atómico efectivo en un rango mayor a 1500 “slices” por metro lineal de corazón.

4.4. Adelantar la adquisición de DRX, FRX, SEM, Petrografía, microsonda, análisis de porosidad, permeabilidad y densidad de grano, gamma ray spectral, bioestratigrafía, análisis de Mohr-Coulomb, análisis de inclusiones fluidas, medición de TOC en niveles de shale con Ro y pirólisis Rock Eval para muestras con más de 0.5% TOC.

4.5. Adelantar la medición de propiedades geomecánicas como Velocidad de onda P, Velocidad de onda S, VP/VS, módulos elásticos de Young (E), Shear (G), Bulk (K), Poisson’s Ratio (v).

Nota 1: El contratista deberá gestionar ante los laboratorios certificados y aprobados previamente por la supervisión del contrato la realización de los análisis.

Nota 2: El contratista de común acuerdo con el supervisor del contrato seleccionarán los puntos de muestreo para cada uno de los análisis siguiendo las normas y recomendaciones de la Litoteca Nacional. El contratista deberá gestionar ante la Litoteca Nacional los muestreos autorizados por la supervisión del contrato, de acuerdo con las tarifas y condiciones estipuladas en la Resolución del SGC No 236 de 2022.

Nota 3: El contratista deberá proponer los puntos de muestreo, definiendo intervalos de interés para el secuestro de CO2, focalizado en la caracterización detallada de las rocas reservorio en múltiples niveles (base, medio y tope). Los parámetros por evaluar incluyen porosidad y permeabilidad, esto para la evaluación de la capacidad de almacenamiento del CO2, la mineralogía para predecir las reacciones que puedan ocurrir, junto a la cinética de las mismas, y el potencial de entrampamiento mineral, así como características texturales como la presencia de fracturas, que puedan influir en la migración y fuga de CO2.

Nota 4: El contratista deberá proponer los puntos de muestreo, estableciendo intervalos de interés para evaluar el potencial geotérmico del yacimiento. Se buscará caracterizar las rocas reservorio en distintos niveles estratigráficos, con énfasis en el análisis detallado de la mineralogía de alteraciones hidrotermales y de las inclusiones fluidas (con previa identificación de sobrecrecimientos) para determinar las condiciones del yacimiento (presión y temperatura) y la composición de los fluidos geotérmicos. Además, se evaluará los potenciales componentes que podrían causar corrosión en eventuales plantas geotérmicas y la permeabilidad efectiva para la evaluación del flujo de fluidos geotérmicos.

Nota 5: Los pagos por los análisis se realizarán de forma prorrateada en función de los análisis efectivamente ejecutados, en caso de que no se lleven a cabo todos los previstos en el eventual contrato.

5. ADQUISICIÓN DE ANÁLISIS ESPECÍFICOS PARA ESTUDIO DE HIDRÓGENO.

Estos análisis se realizarán de manera similar a la metodología planteada en “Experimental investigation of shale/hydrogen geochemical interactions” por Al-Yaseri A. et al. (2023) que se describe brevemente a continuación:

5.1. Seleccionar cinco niveles de shale (sellos) y cinco de arenitas (reservorios), que presenten características litológicas diferentes, para llevar a cabo el siguiente procedimiento, en cada una de las muestras, para identificar la interacción del hidrógeno con roca y fluidos en subsuelo**:**

5.1.1. Preparar las muestras para ponerlas en celdas de alta presión y temperatura (simulando condiciones de subsuelo).

5.1.2. Saturar la muestra con salmuera (3% NaCl), ponerla en la celda al vacío por 15 minutos.

5.1.3. Presurizar la celda con hidrógeno al 99%, bajo una presión y temperatura de reservorio, y dejar la muestra por 54 días en estas condiciones, para asegurar suficiente tiempo de reacción. Tener en cuenta que una mayor temperatura acelera la cinética de las reacciones.

Nota: Las condiciones de P y T deben ser socializadas y aprobadas por la ANH.

5.1.4. Después de este tiempo, conectar la celda a un cromatógrafo de gases, para analizar si en el tiempo de reacción se formó algún gas.

5.1.5. En estas 10 muestras, correr nuevamente los análisis de DRX, FRX, SEM, Petrografía, microsonda, análisis de porosidad, permeabilidad y densidad de grano y hacer nuevamente la medición de las propiedades geomecánicas, especificadas en el punto 4.5.

5.1.6. Hacer una comparación cualitativa y cuantitativa de los resultados de análisis geoquímicos y geomecánicos, medidos en las 10 muestras (5 shales y 5 arenitas) antes y después de la exposición a hidrógeno.

5.2. Entrega al banco de información que tiene dispuesto la ANH de la información completa de todos los análisis realizados a los núcleos para cada uno de los pozos propuestos por la ANH de acuerdo con los protocolos que la entidad establezca para tal fin.

5.3. Devolución de los corazones de los pozos propuestos por la ANH a la Litoteca Nacional, debidamente preservados y en un estado igual o mejor al que tenían cuando fueron retirados de la Litoteca Nacional.

5.4. Mantener los costos intangibles y gastos necesarios para el desarrollo de las actividades propias de la ejecución del contrato

5.5. Ejecutar el contrato con el equipo de trabajo solicitado en el Anexo Técnico. Durante la ejecución, el contratista podrá sustituir cualquier miembro del Equipo de Trabajo siempre y cuando sea autorizado por la supervisión de la ANH y siempre que el nuevo miembro propuesto cuente con calidades iguales o superiores a las presentadas en la oferta, respecto del miembro del equipo a quien reemplaza. Para el efecto, el cambio o reemplazo del perfil deberá realizarlo el contratista en un término no mayor a tres (3) días hábiles contados a partir del retiro del profesional que se pretende reemplazar.

5.6. Las demás que resulten aplicables al objeto propio del contrato.

PRODUCTOS ESPERADOS

A continuación, se presenta un listado de las actividades y productos generales que se entregarán en el proyecto:

PROYECTO "Análisis integral de pozos perforados por la ANH"			
N°	**Item**	**Cantidad**	**Unidad**
1	Recopilación y revisión de información secundaria.	1	unidad
2	Informe de evaluación del estado de preservación de núcleos	1	unidad
3	Plan de análisis de núcleos por pozo	1	Unidad
4	Descripción de corazones pie a pie	10.000	pies
5	Tomografía digital de rayos x de corazones de pozos perforados por la ANH	10.000	pies
6	Adquisición de registro core gamma espectral	10.000	pies
7	SEM	150	muestras
8	FRX	150	muestras
9	DRX	150	muestras
10	Descripción petrográfica de secciones delgadas	50	unidades
11	Análisis bioestratigráficos	15	muestras
12	Estimación de módulos elásticos Young (E), Shear (G), Bulk (K), Poisson's Ratio (v)	100	muestras
13	Medición de Velocidad de onda S	100	muestras
14	Medición de Velocidad de onda P	100	muestras
15	Análisis de inclusiones fluidas.	50	muestras
16	Análisis de Mohr-Coulomb	50	muestras
17	MICROSONDA	100	muestras
18	Análisis petrofísicos (Porosidad, permeabilidad y densidad de grano)	150	muestras
19	Análisis geoquímico (TOC), Ro y pirólisis para niveles finogranulares.	100	análisis
20	Informe final	1	unidad
21	HIDROGENO: Informe detallado de la metodología llevada a cabo y las características de los equipos de laboratorio usados, resultados de los análisis geoquímicos y geomecánicos, que incluyan comparaciones cualitativas y cuantitativas de cada uno de los parámetros medidos, y conclusiones sobre la interacción del hidrógeno con las rocas y fluidos.	1	unidad
22	Informe por pozo que recopile los antecedentes, metodología detallada y los resultados obtenidos en este proyecto y la interpretación de los mismos.	10000	unidad

PROYECTO "Análisis integral de pozos perforados por la ANH"			
N°	**Item**	**Cantidad**	**Unidad**
23	Poster por cada pozo que recopile metodología detallada, los resultados obtenidos en este proyecto y la interpretación de estos.	10000	unidad
24	Informe de interpretaciones regionales integradas de los pozos que puedan ser correlacionados.	1	unidad
25	Resumen ejecutivo del proyecto en idioma inglés mínimo 20 páginas	1	unidad
26	Presentación ejecutiva del proyecto en idioma inglés y español mínimo 30 diapositivas	1	unidad
27	Base de datos: base de datos digital para almacenar toda la información recopilada, analizada y relacionada con los núcleos, incluyendo imágenes, análisis y metadatos.	1	unidad

RECOPILACIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

PRODUCTO 1. INFORME DETALLADO DE LA INFORMACIÓN TÉCNICA Y GEOLÓGICA DISPONIBLE de los pozos cuyos núcleos serán analizados, incluyendo los análisis realizados previamente a los núcleos y pozos, objetivos originales de las perforaciones, potencial de generación de energía geotérmica, hidrógeno blanco o CCUS de las áreas donde se encuentran los pozos.
Actividades asociadas

- Tabla resumen de la información técnica disponible por pozo, incluyendo datos geológicos, análisis previos de núcleos (e.g., petrografía, porosidad, permeabilidad), registros de perforación y evaluaciones históricas, clasificados por cuenca y formación.
- Evaluación del potencial geotérmico, de hidrógeno blanco y CCUS, basada en datos existentes como temperatura de fondo de pozo, composición de fluidos y estructuras geológicas.
- Mapas georreferenciados de las ubicaciones de los pozos, con superposición de zonas de potencial para geotermia, H2 y CCUS.
- Reporte diagnóstico con análisis de la revisión de fuentes (EPIS, bases públicas, informes ANH), conclusiones principales y calificación de la calidad de la información.

La entrega incluirá el informe en formato PDF y Word con capacidad de búsqueda (OCR), una base de datos en Excel y SQL Server con la información tabular, y archivos SIG (Shapefile o GeoDatabase) para mapas.

VERIFICACIÓN, DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA PRESERVACIÓN DE LOS NÚCLEOS

PRODUCTO 2. INFORME DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE PRESERVACIÓN DE NÚCLEOS: Informe técnico de la evaluación del estado actual de los núcleos de roca almacenados en la Litoteca Nacional que serán analizados, identificando potenciales problemas de preservación, diagnóstico de los posibles daños o alteraciones sufridas por los núcleos durante su almacenamiento (fracturas, desgaste, contaminación, alteraciones minerales, pérdida de material), análisis de la documentación asociada a cada núcleo (informes de laboratorio y análisis, registros, entre otros) y recomendaciones para la conservación de los núcleos y la mitigación de los daños existentes para la realización de los análisis del presente proyecto.
Actividades asociadas

- Inspección visual y fotográfica de cada núcleo, documentando fracturas, desgaste, contaminación y alteraciones minerales.
- Análisis de documentación histórica asociada (informes de laboratorio, registros de almacenamiento) para identificar discrepancias o faltantes.
- Diagnóstico cuantitativo de daños, incluyendo medición de pérdida de material y evaluación de impacto en análisis futuros.
- Recomendaciones específicas para mitigación (e.g., protocolos de limpieza, almacenamiento controlado) y conservación a largo plazo en la Litoteca Nacional.
- Diagnostico por núcleo con estado de preservación, daños identificados y acciones recomendadas.

La entrega consistirá en un informe integrado en PDF de alta resolución y Word editable, con anexos fotográficos en formato digital (JPEG o TIFF), y una base de datos en spreadsheet para tablas, alineado con los estándares de entrega de información.

PRODUCTO 3. PLAN DE ANÁLISIS DE NÚCLEOS POR POZO: Plan detallado para la realización de los análisis que considere el estado de preservación de los núcleos, incluyendo la justificación de la elección de las técnicas de análisis más adecuadas para cada núcleo, protocolo de muestreo (preparación de las muestras y preservación de las mismas para los distintos análisis), evaluación del impacto de los daños observados en los resultados de los análisis propuestos, control de calidad de los resultados y cronograma.
Actividades asociadas

- Justificación técnica para selección de análisis (e.g., SEM, FRX, DRX) basada en estado de preservación y objetivos del pozo.
- Protocolo detallado de muestreo, incluyendo preparación de muestras (corte, pulido), preservación (e.g., envases inertes) y cadena de custodia.
- Evaluación de impacto de daños en resultados, con escenarios de corrección o exclusión de muestras.
- Procedimientos de QA/QC para cada análisis, incluyendo calibración de equipos y estándares de referencia.
- Cronograma por pozo, con hitos de muestreo y análisis.

La entrega será un documento técnico en PDF y Word, con diagramas de flujo para protocolos y Gantt para cronograma, compatible con SQL Server para integración de datos.

ADQUISICIÓN DE ANÁLISIS

PRODUCTO 4. Informe de descripción de corazones pie a pie con sus respectivos anexos.
Actividades asociadas

- Descripción litológica detallada pie a pie, incluyendo textura, composición mineral, estructuras sedimentarias y alteraciones.
- Fotografías y diagramas anotados para cada sección de núcleo.
- Anexos con datos complementarios como profundidad, formación y observaciones de campo.
- Integración con datos previos de pozos para contextualización geológica.

La entrega incluirá el informe en PDF de alta resolución con anexos digitales (imágenes en TIFF), y base de datos tabular en Excel para descripciones, cumpliendo con el Manual de Entrega del BIP-EPIS.

PRODUCTO 5. Tomografía digital de rayos X de corazones de pozos perforados por la ANH de acuerdo con el Protocolo de Tomografía de la ANH y el Manual de Entrega de Información Técnica y Geológica de las Actividades de Exploración, Evaluación y Producción de Hidrocarburos al Banco de Información Petrolera adjuntos.

Actividades asociadas

- Adquisición de tomografías siguiendo protocolo ANH, con resolución adecuada para detección de fracturas y porosidad.
- Procesamiento de datos para generar imágenes 3D y secciones transversales.
- Interpretación preliminar de anomalías (e.g., densidad variable, inclusiones).
- QA/QC con calibración de equipo y verificación de artefactos.

La entrega consistirá en archivos DICOM o similares para datos crudos, imágenes procesadas en PDF/SVG, y reporte en Word/PDF, de acuerdo con el protocolo de Tomografía de la ANH y el EPIS.

PRODUCTO 6. Adquisición del registro de core gamma espectral.
Actividades asociadas

- Medición de gamma espectral en núcleos, identificando U, Th, K.
- Correlación con litología y profundidad.
- Gráficos de perfiles gamma por pozo.
- QA/QC con estándares de calibración.

Entrega: Registro digital en formato LAS o CSV, con informe interpretativo en PDF, cumpliendo estándares EPIS.

PRODUCTO 7. Análisis de SEM con su respectivo informe de resultados que incluya imágenes e interpretación.
Actividades asociadas

- Preparación de muestras para SEM (recubrimiento, pulido).
- Adquisición de imágenes de alta resolución para textura y composición.
- Interpretación de microestructuras, porosidad y minerales.
- QA/QC con controles de vacío y resolución.

Entrega: Informe en PDF con imágenes integradas, datos crudos en TIFF, base de datos para mediciones.

PRODUCTO 8. Análisis de FRX con su respectivo informe de resultados que incluya espectros e interpretación.
Actividades asociadas

- Medición de elementos mayores y trazas vía FRX.
- Generación de espectros y cuantificación.
- Interpretación geoquímica (e.g., composición elemental).
- QA/QC con muestras de referencia.

Entrega: Informe PDF con espectros, datos en Excel, integrado a base SQL.

PRODUCTO 9. Análisis de DRX con su respectivo informe de resultados que incluya difractogramas e interpretación.
Actividades asociadas

- Preparación de polvos para DRX.
- Adquisición de patrones de difracción.
- Identificación y cuantificación de fases minerales.
- QA/QC con picos de calibración.

Entrega: Informe PDF con difractogramas, datos en CSV.

PRODUCTO 10. Análisis de petrografía con su respectivo informe de resultados. Cada una de las secciones delgadas elaboradas se digitalizará con las especificaciones definidas por la Litoteca Nacional. Adicionalmente se le realizará la respectiva descripción petrográfica. En cada

una de las secciones delgadas se caracterizará la mineralogía, la presencia de materia orgánica, el tamaño del grano, la selección, los tipos de contactos, la porosidad (primaria y secundaria) y la paragénesis mineral. El conteo será de mínimo 150 puntos distribuidos de manera homogénea en la sección delgada.
Actividades asociadas

- Preparación y digitalización de secciones delgadas per Litoteca specs.
- Descripción petrográfica detallada con conteo de 150 puntos.
- Caracterización de mineralogía, MO, grano, porosidad, paragénesis.
- QA/QC para uniformidad en conteos.

Entrega: Informe PDF, imágenes digitales en TIFF, base de datos para conteos.

PRODUCTO 11. Análisis de BIOESTRATIGRAFÍA con su respectivo informe de resultados que incluya las técnicas de foraminíferos, nanofósiles, palinomorfos, las cuales serán aplicadas de acuerdo con las condiciones de depósito de cada intervalo de interés.
Actividades asociadas

- Extracción y preparación de microfósiles.
- Identificación de especies y zonación bioestratigráfica.
- Correlación con condiciones deposicionales.
- QA/QC con muestras duplicadas.

Entrega: Informe PDF con placas fotográficas, datos en Excel, de acuerdo con manual de entrega de información EPIS.

PRODUCTO 12. Estimación de módulos elásticos Young (E), Shear (G), Bulk (K), Poisson's Ratio (v) con su respectivo informe de resultados.
Actividades asociadas

- Medición no destructiva o en plugs.
- Cálculo de módulos basado en velocidades sísmicas.
- Interpretación geomecánica.
- QA/QC con calibración.

Entrega: Informe PDF, datos tabulares en CSV.

PRODUCTO 13. Medición de Velocidad de onda S con su respectivo informe de resultados.
Actividades asociadas

- Medición en laboratorio bajo condiciones controladas.
- Perfiles por profundidad.
- Correlación con litología.
- QA/QC.

Entrega: Informe PDF, datos en LAS.

PRODUCTO 14. Medición de Velocidad de onda P con su respectivo informe de resultados.
Actividades asociadas

- Similar a onda S, enfocada en compresional.
- Integración con otros datos geomecánicos.

Entrega: Informe PDF, datos en LAS.

PRODUCTO 15. Análisis de INCLUSIONES FLUIDAS con su respectivo informe de resultados en muestras seleccionadas previo análisis petrográfico para determinar la idoneidad de la muestra. Se realizarán en materiales de rellenos de venas y en sobrecrecimiento de materiales diagenéticos con el fin de terminar las condiciones de temperatura, presión y composición de los fluidos que las formaron.

Actividades asociadas
- Selección basada en petrografía.
- Microtermometría para T/P/composición.
- Interpretación diagenética.
- QA/QC.

Entrega: Informe PDF con histogramas, datos en Excel.

PRODUCTO 16. Análisis de MOHR-COULOMB con su respectivo informe de resultados.
Actividades asociadas
- Pruebas de falla en muestras.
- Cálculo de parámetros de resistencia.
- Gráficos de círculos Mohr.
- QA/QC.

Entrega: Informe PDF con gráficos.

PRODUCTO 17. Análisis de MICROSONDA con su respectivo informe de resultados.
Actividades asociadas
- Análisis químico puntual en minerales.
- Mapas elementales.
- Interpretación.
- QA/QC.

Entrega: Informe PDF con mapas.

PRODUCTO 18. Análisis de POROSIDAD, PERMEABILIDAD Y DENSIDAD DE GRANO con su respectivo informe de resultados.
Actividades asociadas
- Medición estándar (e.g., helio porosímetro).
- Correlación con petrografía.
- QA/QC.

Entrega: Informe PDF, datos en CSV.

PRODUCTO 19. Análisis de TOC, Ro y pirolisis Rock Eval para niveles finogranulares con su respectivo informe de resultados.
Actividades asociadas
- Preparación para pirolisis.
- Medición de TOC, vitrinita, parámetros Rock Eval.
- Evaluación de potencial generador.
- QA/QC.

Entrega: Informe PDF, datos en Excel.

PRODUCTO 20. Informe final compilatorio de los ensayos descritos anteriormente.
Actividades asociadas
- Integración de todos los análisis (Productos 4-19).
- Síntesis por pozo y cuenca.
- Conclusiones integradas.
- QA/QC global.

Entrega: Informe PDF/Word, base de datos SQL con todos los datos.

ADQUISICIÓN DE ANÁLISIS ESPECÍFICOS PARA ESTUDIO DE HIDRÓGENO

PRODUCTO 21. Informe detallado de la metodología llevada a cabo y las características de los equipos de laboratorio usados, resultados de los análisis geoquímicos y geomecánicos, que incluyan comparaciones cualitativas y cuantitativas de cada uno de los parámetros medidos, y conclusiones sobre la interacción del hidrógeno con las rocas y fluidos. Debe incluir una explicación de la selección de las muestras que fueron usadas para esta parte del estudio dedicado a hidrógeno. Especificar cuáles fueron los criterios tenidos en cuenta para escoger las muestras, los pozos de los cuales hacen parte, incluir un mapa de la ubicación de los pozos de dónde vienen las muestras.
Actividades asociadas

- Descripción de metodología y equipos para interacciones H2-roca/fluidos.
- Análisis geoquímicos/geomecánicos específicos para H2 (e.g., adsorción, permeabilidad a H2).
- Comparaciones cualitativas/cuantitativas de parámetros.
- Justificación de selección de muestras (e.g., basadas en composición, ubicación).
- Mapas SIG de pozos y muestras.
- Conclusiones sobre potencial de H2 blanco.

Entrega: Informe PDF con mapas en SIG, datos en SQL,

INFORMES FINALES

PRODUCTO 22. Informe por pozo que recopile los antecedentes, metodología detallada, los resultados obtenidos en este proyecto y la interpretación de los mismos.
Actividades asociadas

· Compilación por pozo: antecedentes, métodos, resultados, interpretación.
· Gráficos y tablas integradas.
· Discusión de implicaciones para geotermia/H2/CCUS.

Entrega: Informes individuales en PDF/Word.

PRODUCTO 23. Poster por cada pozo que recopile metodología detallada, los resultados obtenidos en este proyecto y la interpretación de estos.
Actividades asociadas

- Diseño gráfico con secciones: métodos, resultados, interpretación.
- Inclusión de imágenes y gráficos clave.

Entrega: Posters en PDF de alta resolución, listos para impresión.

PRODUCTO 24. Informe de interpretaciones regionales integradas de los pozos que puedan ser correlacionados en cada cuenca donde se encuentren.
Actividades asociadas

- Correlación entre pozos por cuenca.
- Mapas regionales y secciones.
- Interpretación integrada.

Entrega: Informe PDF con SIG.

PRODUCTO 25. Resumen ejecutivo del proyecto en idioma inglés mínimo 20 páginas.
Actividades asociadas

- Síntesis de todo el proyecto.
- Enfoque en hallazgos clave.

Entrega: PDF en inglés, mínimo 20 páginas.

PRODUCTO 26. Presentación ejecutiva del proyecto en idioma inglés y español mínimo 30 diapositivas

Actividades asociadas

- Diapositivas con resúmenes, gráficos.
- Versiones bilingües.

Entrega: PowerPoint/PDF, mínimo 30 slides por idioma.

PRODUCTO 27. Base de datos: base de datos digital para almacenar toda la información recopilada, analizada y relacionada con los núcleos, incluyendo imágenes, análisis y metadatos.
Actividades asociadas

- Diseño de esquema SQL.
- Carga de todos los datos/imágenes/metadatos.
- Documentación: diccionario, handover, checklist.

Entrega: Base SQL con backup, documentación en PDF, compatible con la versión SQL Server de que disponga la ANH.

CONDICIONES DE ENTREGA DE LOS PRODUCTOS FINALES

La entrega de los productos derivados del proyecto deberá cumplir con las siguientes especificaciones técnicas y administrativas:

1. Cumplimiento de Estándares Técnicos y Normativos

- Todos los productos generados deben entregarse conforme a las disposiciones de entrega de información técnica del Banco de Información Energética BIEN de la ANH.
- Es responsabilidad del contratista mantenerse actualizado respecto a cualquier modificación a las disposiciones de entrega de información técnica del Banco de Información Energética BIEN de la ANH durante la ejecución del contrato para asegurar la validez de los entregables.

2. Formatos y Soporte Digital

- **Bases de Datos:** Se requiere la entrega de una base de datos maestra en formato **SQL Server** que integre toda la información geoquímica y diagnóstica.
- **Información Geográfica:** Los resultados cartográficos y espaciales deben consolidarse en un **Proyecto SIG (Sistema de Información Geográfica)** debidamente estructurado.
- **Certificaciones de Laboratorio:** Se deben incluir certificados de análisis originales para todos los isótopos estables y composiciones moleculares determinadas.

3. Componentes del Reporte Final Integrado

- **Compilación Técnica:** Un informe final que integre la metodología, los análisis, los resultados y la interpretación de todos los productos previos.
- **Material de Difusión:** El reporte debe acompañarse de una presentación y un resumen ejecutivos, ambos en **idiomas inglés y español**.
- **Divulgación Científica:** Se debe entregar un artículo técnico y un póster en inglés, listos para su envío a publicación o presentación en eventos especializados.

4. Formalización de la Entrega

- Toda entrega requiere el recibo oficial de información Banco de Información Energética BIEN de la ANH mediante un documento radicado que soporte la entrega de los productos finales.

- **Aseguramiento de Calidad:** Los informes deben incluir un capítulo o documento anexo de **QA/QC** que certifique la precisión, exactitud y límites de detección de los análisis químicos e isotópicos realizados.

CARACTERIZACIÓN CARTOGRÁFICA Y GEORREFERENCIACIÓN
Toda la información espacial y geográfica generada durante las fases de diagnóstico, muestreo y modelamiento deberá cumplir estrictamente con los siguientes parámetros cartográficos:

1. Marco de Referencia Geodésico

- La información que deba ser georeferenciada debe ser entregada en el sistema de coordenadas geográficas **WGS84** y en coordenadas proyectadas **Magna Sirgas Origen Nacional**.

2. Estructura de Datos SIG (GIS)

- La información debe consolidarse en un **Proyecto SIG** que incluya capas vectoriales (Shapefiles o File Geodatabase) con sus respectivas tablas de atributos debidamente diligenciadas.

3. Entregables Cartográficos bajo Manual EPIS

- Cada entrega debe estar alineada con el **Manual de Entrega de Información Técnica del BIP-EPIS**, el cual define los procedimientos, formatos y medios para el cargue de información técnica en Colombia.
- Se deben suministrar las **Fichas de Control de Muestra (FCM)** individuales, vinculando cada dato analítico a su localización georreferenciada exacta en boca de pozo.

4. Validación y Soporte

- Todo producto cartográfico requiere el recibo oficial de información del Banco de Información Energética BIEN de la ANH como requisito para la aprobación de los productos finales.
- En caso de actualizaciones en el manual de entrega de información al Banco de Información Energética BIEN de la ANH durante la ejecución del proyecto, el contratista deberá ajustar los formatos cartográficos a la versión más reciente.

INFORME FINAL

El informe debe ser entregado en PDF de alta resolución y contar con edición de figuras de alta calidad, correcciones de estilo y presentación de acuerdo con los estándares de la ANH y el manual de entrega de información de acuerdo con lo siguiente:

- **Formatos de Entrega y Estándares:** La información técnica, analítica y gráfica generada durante el proyecto deberá ser entregada cumpliendo estrictamente con los lineamientos del Banco de Información Energética BIEN de la ANH y la Normativa Técnica Colombiana (NTC), asegurando que todo el material gráfico, figuras y secciones geológicas se presenten en formatos de alta resolución y naturaleza no propietaria como **SVG (Scalable Vector Graphics)** o **PDF Vectorial**, garantizando así la interoperabilidad y edición futura por parte de la ANH sin dependencia de licencias comerciales; así mismo, los reportes técnicos se entregarán en formato Word y PDF con capacidad de búsqueda (OCR), la cartografía se consolidará en proyectos SIG estructurados que incluyan el intercambio de datos en

Geodatabase o formatos abiertos como **GeoPackage o Shapefile**, y todos los resultados analíticos se integrarán en una base de datos maestra en **SQL Server**, complementada con archivos planos en CSV o Excel para su auditoría y carga eficiente en los sistemas de información de la Agencia.

- **Base de Datos SQL Server y Proyecto GIS**. Elaborar y entregar la base de datos SQL y archivo de copia de seguridad (backup) del proyecto los cuales deben contener toda la información recopilada y generada con compatibilidad para SQL Server Management Studio versión 19.0.2, y un documento que explica el contenido de la base de datos. -Documentación de handover de la base de datos y geodatabase. -Lista de chequeo de la base de datos. -Credenciales de la base de datos. -Diccionario de datos.y Proyecto GIS con todos los datos geoespaciales y producción cartográfica generada en el proyecto de acuerdo a los manuales de entrega de información técnica al Banco de Información Energética BIEN de la ANH.

- **Material de Difusión Adicional:** Se debe adjuntar una presentación ejecutiva y un resumen ejecutivo en inglés y español, además de un artículo técnico y un póster en inglés listos para publicación o presentación internacional.

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 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

Nota 2: El valor unitario a proponer debe incluir todos los costos de las actividades y entregables definidos en el Protocolo de Tomografía Computarizada de la ANH y el Manual de Entrega de Información Técnica y Geológica de las Actividades de Exploración, Evaluación y Producción de Hidrocarburos al Banco de Información Petrolera (Ver documentos adjuntos) y todos los costos de índole ambiental, de salud en el trabajo y seguridad industrial que de acuerdo con la normatividad nacional e internacional aplicable, sean de obligatorio cumplimiento para la adquisición de información tomográfica de rocas y operación de tomógrafos digitales en Colombia.

Nota 3: El valor unitario propuesto para cada análisis estará conformado por la suma de todos los costos directos e indirectos necesarios para su ejecución.

Nota 4: Todos los informes deberán acogerse a las normas APA 7th edition.

PERSONAL MÍNIMO

A continuación, se relaciona 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 de proyecto	1	Geólogo o Ingeniero Geólogo o Ingeniero de Petróleos	100%	Ocho (8) años de experiencia profesional	Seis (6) años o cinco (5) proyectos relacionados con prospección, exploración y explotación de recursos energéticos involucrando análisis de núcleos.

RECURSO HUMANO	CANTIDAD	PERFIL PROFESIONAL	DEDICACIÓN %	EXPERIENCIA PROFESIONAL	EXPERIENCIA ESPECÍFICA
Geólogo líder para la descripción de corazones	2	Geólogo o Ingeniero Geólogo o Geocientífico	100%	Siete (7) años de experiencia profesional	Tres (3) proyectos o tres (3) años relacionados con prospección, exploración y explotación de recursos energéticos involucrando descripción geológica y/o análisis de núcleos.
Profesional GIS	1	Geólogo, Ingeniero Geólogo, Ingeniero Topográfico, Ingeniero Catastral y Geodesta o Ingeniero Geógrafo con especialización o maestría en Sistemas de Información Geográfica	100%	Seis (6) años de experiencia profesional	Cinco (5) años o cinco (5) proyectos deben comprobar experiencia en proyectos geológicos de exploración de recursos energéticos.
Profesional en tomografía	1	Geólogo, Ingeniero o profesional en ciencias afines	100%	Ocho (8) años de experiencia profesional	Cinco (5) años o cinco (5) proyectos debe comprobar experiencia en tomografía de rayos X para rocas
Profesional de laboratorio	1	Geólogo, Ingeniero o profesional en ciencias afines	100%	Ocho (8) años de experiencia profesional	Cinco (5) años o cinco (5) proyectos deben comprobar experiencia en caracterización de rocas

Tabla 2: Personal mínimo sugerido