

12 DE FEBRERO DE 2024



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DEL  
P.I. "LA ÚLTIMA"

MEMORIA

AUTOR:

KEROGEN ENERGY, S.L.

Revisión 00

En el presente proyecto de investigación se redacta en virtud del artículo 47 de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas y con el contenido establecido en el artículo 66.1.c del Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.

Revisión	Fecha	Motivo	Autor	Revisado	Aprobado
00	12/02/24	Redacción	Gonzalo Mayoral Fernández	N/A	Gonzalo Mayoral Fernández

Revisión	Cambios principales	Página

## Contenido

<b>1. MEMORIA EXPLICATIVA .....</b>	<b>5</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.2. ANTECEDENTES TÉCNICOS.....	6
1.3. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS.....	9
1.4. ANTECEDENTES MINEROS.....	12
1.5. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA .....	13
1.6. AMBIENTE GEOLÓGICO REGIONAL .....	16
1.6.1. INTRODUCCIÓN.....	16
1.6.2. LOS CUERPOS MINERALIZADOS .....	18
1.6.3. LA MINERALIZACIÓN.....	19
1.7. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN .....	20
<b>2. PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>21</b>
2.1. INTRODUCCIÓN.....	21
2.2. LEGISLACIÓN APLICABLE .....	22
2.3. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS A REALIZAR .....	24
2.4.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	24
2.4.2. RECONOCIMIENTO DE CAMPO .....	25
2.4.3. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA Y MODELO HIDROGEOLÓGICO.....	25
2.4.4. DIGITALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN. MODELO GEOLÓGICO-MINERO GLOBAL EN 3D .....	26
2.4.5. SONDEOS CON RECUPERACIÓN DE TESTIGO SOBRE OBJETIVOS DEDUCIDOS DE LAS LABORES MINERAS .....	26
2.4.6. CAMPAÑAS DE GEOFÍSICA DE SUPERFICIE.....	29
2.4.7. INVESTIGACIÓN DE ANOMALÍAS GEOFÍSICAS.....	30
2.4.8. RECUPERACIÓN DE LABORES MINERAS ANTIGUAS.....	30
2.4.9. ANÁLISIS DE MUESTRAS DE LA MINERALIZACIÓN .....	31
2.5. EVOLUCIÓN DE LOS TRABAJOS PLANTEADOS .....	32
2.6. MEDIOS A EMPLEAR Y EQUIPO TÉCNICO .....	32
2.6.1. MEDIOS PROPIOS.....	32
2.6.2. GEOFÍSICA.....	33
2.6.3. PERFORACIÓN DE INVESTIGACIÓN.....	34
2.6.4. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	35

2.6.5.	MODELIZACIÓN DEL YACIMIENTO Y CONSULTORÍA/ASESORÍA .....	36
<b>3.</b>	<b>PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>37</b>
3.1.	DESARROLLO Y LÓGICA DE LAS LABORES DE INVESTIGACIÓN .....	37
3.2.	TRABAJOS A REALIZAR DURANTE EL PRIMER AÑO .....	40
3.3.	TRABAJOS A REALIZAR DURANTE EL SEGUNDO AÑO .....	40
3.4.	TRABAJOS A REALIZAR DURANTE EL 3º AÑO .....	41
3.5.	PRÓRROGA DEL PERMISO DE INVESTIGACIÓN .....	41
3.6.	CRONOGRAMA DE BARRAS DE LAS ACTIVIDADES PROYECTADAS.....	41
3.6.1.	PRIMER AÑO DE PERMISO .....	42
3.6.2.	SEGUNDO AÑO DE PERMISO .....	42
3.6.3.	TERCER AÑO DE PERMISO .....	42
<b>4.</b>	<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>43</b>
4.1.	PRESUPUESTO PRIMER AÑO .....	43
4.2.	PRESUPUESTO SEGUNDO AÑO .....	44
4.3.	PRESUPUESTO TERCER AÑO.....	44
4.4.	INVERSIÓN TOTAL PREVISTA.....	45
<b>ANEXO I - LEGISLACIÓN APLICABLE .....</b>		<b>46</b>
<b>ANEXO II – DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS GEOFÍSICOS .....</b>		<b>48</b>
1.	TOMOGRFÍA ELÉCTRICA .....	48
2.	MÉTODO DE POLARIZACIÓN INDUCIDA .....	49
3.	MÉTODO DE SONDEOS ELECTROMAGNÉTICOS DE DOMINIO DE TIEMPOS (SEDT).....	50
4.	MÉTODO MAGNETO-TELÚRICO .....	51
<b>ANEXO III – ANÁLISIS Y ENSAYOS DE MUESTRAS .....</b>		<b>55</b>
<b>1. MUESTRAS PARA ANÁLISIS QUÍMICOS.....</b>		<b>55</b>
<b>2. MUESTRAS PARA ENSAYOS FÍSICO-QUÍMICOS, MINERALÓGICOS Y GEOTÉCNICOS .....</b>		<b>56</b>
<b>ANEXO IV – CURRÍCULUM PERSONAL INVESTIGADOR .....</b>		<b>58</b>
<b>ANEXO V – SEGURIDAD Y SALUD .....</b>		<b>88</b>

## Índice de Figuras

Figura 1.	Objetivos de investigación dentro de las cuadrículas no francas ni registrables de la demasia “La Última”. Fuente: <i>Elaboración propia</i> .....	8
Figura 2.	Delimitación del PI “Nuevo Linares” y del P.I. “La Última” (ventana interior) sobre el Mapa Topográfico Nacional a Escala 1:25.000 del IGN. ....	11
Figura 3.	Dominio minero en el distrito de Linares a mediados del siglo XX y principales minas explotadas (Plano de la Empresa Nacional ADARO). ....	13
Figura 4.	Situación del P.I. “Nuevo Linares” en el mapa comarcal de Andalucía. Fuente: Wikipedia. ....	14
Figura 5.	Climograma de precipitaciones y temperaturas medias en Linares. Fuente: <i>climate-data.org</i> ..	15
Figura 6.	Mapa de áreas de pluviometría homogénea en Andalucía. Fuente: <a href="http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/">www.juntadeandalucia.es/medioambiente/</a> .....	16
Figura 7.	Esquema geológico del campo filoniano de Linares. Para clarificar la estructura se ha eliminado la fina cobertera triásica y los depósitos aluvionares cuaternarios. (Basado en Azcárate, 1971). ....	17

---

Figura 8. Zonación del P. I. “Nuevo Linares” y ubicación del P.I. “La Última” .....	23
Figura 9. Localización del sondeo con recuperación de testigo planteado a partir de la información existente. ....	27
Figura 10. Distribución de perfiles para la campaña de geofísica eléctrica .....	29
Figura 11. Dispositivo tipo Polo-Dipolo empleado para las medidas de resistividad aparente del terreno. ....	49
Figura 12. Configuración de campo de MT en forma tensorial. ....	52
Figura 13. Ejemplo de perfil obtenido. ....	54

## Índice de Tablas

---

Tabla 1. Coordenadas del perímetro del P.I. “Nuevo Linares” .....	10
Tabla 2. Coordenadas del perímetro del permiso. ....	11
Tabla 3. Ubicación del sondeo a realizar en el P.I. “La Última” sobre objetivos deducidos de la información obtenida en la investigación llevada a cabo con motivo del P.I. “Nuevo Linares” (Datum: ETRS89 / UTM Zona 30 N). ....	27

## 1. MEMORIA EXPLICATIVA

### 1.1. INTRODUCCIÓN

El presente Proyecto de Investigación se redacta en virtud de lo contenido en artículo 66 del Reglamento General para el Régimen de la Minería, aprobado el 25 de agosto mediante Real Decreto 2.857/1.978. En él se establecerá el plan general de investigación que se prevé realizar en el Proyecto de Investigación del P.I. LA ÚLTIMA, nº pendiente de asignación, describiendo la información de la que se dispone, procedimiento y medios a emplear en la investigación, programa de investigación, plazos de ejecución, planos, presupuesto y en resumen todo lo especificado en el mencionado artículo 66, punto 1, apartado c. También se plasmará la información que a nuestro juicio consideremos útil para una mejor comprensión del proyecto.

A la hora de plantear un permiso de investigación minera, se debe tener en cuenta que se cumple con un mandato que deriva del artículo 128 de la Constitución que establece que *toda la riqueza del país en sus distintas formas y sea cual fuere su titularidad está subordinada al interés general*. Así, la Ley 22/1973 de Minas no lo contradice cuando establece en su Título I que *la presente Ley se reafirma la naturaleza jurídica de los yacimientos minerales de origen natural y demás recursos geológicos como bienes de dominio público y se mantiene la concesión administrativa como institución tradicional y principio básico de nuestro ordenamiento minero con el fin de dar respuesta al mandato de la ordenación de todos los recursos disponibles al servicio del hombre con especial atención a los recursos naturales*.

A mayor insistencia en este interés público por la puesta en valor de la riqueza minera como beneficio a la sociedad, se promulga la Ley 6/1977 de Fomento de la Minería que en su preámbulo deja claro que:

*La producción industrial, **factor determinante del desarrollo económico**, reclama para ser eficiente un suministro adecuado de materias primas que elimine los riesgos de estrangulamiento y garantice la utilización óptima de la capacidad productiva nacional.*

En continuidad con esta línea, el *Real Decreto 647/2002, de 5 de julio, por el que se declaran las materias primas minerales y actividades con ellas relacionadas, calificadas como prioritarias a efectos de lo previsto en la Ley 43/1995, de 27 de diciembre, del Impuesto sobre Sociedades* declara, entre otras, al plomo como materia prima mineral prioritaria y su exploración, investigación, explotación, aprovechamiento, tratamiento y beneficio como actividades prioritarias. Pese al tiempo transcurrido desde esta redacción de la Ley 6/1977 y del R.D. 647/2002, la problemática indicada está más de actualidad que nunca, ya que la crisis que ha golpeado Europa y España en los últimos

años ha dejado patente la necesidad de disponer de un sector industrial con mayor participación en la economía y más fuerte. Para ello son necesarias las materias primas y la propia Unión Europea dictó la *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo sobre la Iniciativa de las materias primas: cubrir las necesidades fundamentales en Europa para generar crecimiento y empleo* (04/11/2008) que dictaminaba que:

*La garantía de un acceso fiable y sin distorsiones a las materias primas constituye un factor de importancia creciente para la competitividad de la UE que, por tanto, resulta fundamental a efectos del éxito de la asociación de Lisboa para el crecimiento y el empleo.*

Y además establecía una estrategia uno de cuyos 3 pilares fundamentales era *establecer las condiciones marco adecuadas en la UE para potenciar un suministro sostenible de materias primas de fuentes europeas.*

Podemos, pues, concluir que la presentación del presente permiso de investigación cumple con un mandato público dentro de las estrategias y políticas europeas y españolas.

## 1.2. ANTECEDENTES TÉCNICOS

KEROGEN ENERGY, S.L. es una empresa de investigación y desarrollo minero orientado esencialmente a todos aquellos recursos minerales utilizados en el sector energético, incluyendo a aquellos metales de uso en esa actividad industrial, como es el caso del plomo, tiene una amplia aplicación en el campo de los acumuladores eléctricos. El objetivo de la empresa es identificar en el antiguo campo filoniano de Linares uno o varios yacimientos susceptibles de su aprovechamiento, evaluar sus reservas, su viabilidad técnica y económica y en caso de resultado positivo, proponer una explotación minera.

Para ello KEROGEN ENERGY tiene otorgado el P.I. “Nuevo Linares” en el cual ha llevado a cabo una labor de investigación en la que se ha recopilado información histórica y además se han realizado los siguientes trabajos:

- Campañas de campo en 2022:
  - o 2 geofísicas, una realizada por la empresa IGT y otra realizada por la Escuela Politécnica de Linares.
  - o 1 geoquímica.

- Reconocimiento de campo del que se obtuvieron un detallado mapa geológico de la zona del permiso y un mapa metalogénico con todos los filones e indicios mineros en la zona del permiso.
- Campañas de perforación con recuperación de testigo:
  - 2022: 7.356 m en 15 sondeos más dos desvíos de sondeo. Las muestras obtenidas se han analizado por laboratorios especializados.
  - 2023: 1.497 m en 4 sondeos. Las muestras obtenidas se han preparado y enviado a laboratorios especializados, estando a la espera de los resultados.
- Se han recopilado de las escombreras existentes muestras mineralizadas con galena con gangas de granodioritas y de pizarras, con las que se ha preparado suficiente cantidad de muestra para ensayos mineralúrgicos de concentración, que se están realizando.
- Modelización de recursos de la zona del filón El Cobre y otros cercanos relacionados (Minas El Cobre, Adaro).
- Se está trabajando ya en la Ingeniería Básica Minera de una futura explotación.

Se ha completado el informe por el Competent Person bajo estándar NI 43-101 sobre el trabajo realizado hasta el momento y los recursos identificados. Los resultados confirmados son los siguientes para el Filón El Cobre y filones asociados y adyacentes:

TABLE 14.5- ESTIMATION RESULTS SUMMARY				
Resource Classification	ore (t)	%Pb	Pb (t)	Ag (t)
Measured	302,428	6.71	20,287	5.07
Indicated	366,627	6.85	25,117	6.28
<b>Measured+Indicated</b>	<b>669,055</b>	<b>6.79</b>	<b>45,404</b>	<b>11.34</b>
Inferred	1,074,440	6.96	74,783	18.70
Cut off Grade 2,00 %Pb				
Ag/Pb correlation: 250 gr Ag/t Pb				

Tenemos así en total 1.743.495 t de recursos minerales con un 6,89% de Pb que suponen 120.187 t de plomo metal y 27,26 t de plata.

Además se validan unos recursos *exploration target* en el resto del área del permiso de investigación de 8,9 millones de t con un 7,94 % de Pb (708.929 t de Pb). Estos recursos son el objetivo de los siguientes trabajos de investigación.

Se ha entregado a la Sección de Minas de Jaén, proyecto de rampa de investigación para su autorización.

La existencia de la demasía “La Última” ha supuesto una ventana de dos cuadrículas en el interior del P.I. “Nuevo Linares”, impidiendo incorporar a la investigación general de dicho permiso los siguientes objetivos de interés:

- Un pequeño tramo del filón “El Cobre” y el Pozo San Luis.
- La posible prolongación del filón “Filipas” hacia el NE.
- El filón “Ciriaco y Paula”.
- Un importante tramo del filón “San José” (Mina Matababras) entre el Pozo San José y el Pozo San José 2º.
- Otras posibles estructuras filonianas aún no identificadas.

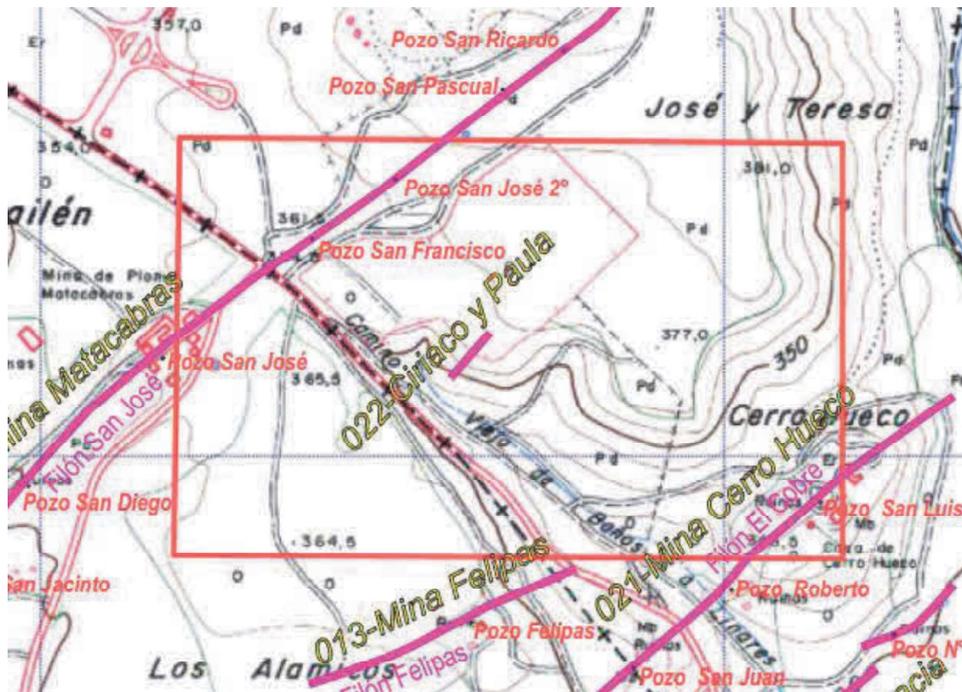


Figura 1. Objetivos de investigación dentro de las cuadrículas no francas ni registrables de la demasía “La Última”. Fuente: *Elaboración propia*.

El presente proyecto de investigación pretende explorar, evaluar y, en su caso, plantear la explotación de los recursos de mineral de plomo y sus posibles acompañantes en las dos cuadrículas comentadas donde hay evidencias de la existencia de recursos por antiguas investigaciones y trabajos mineros, cuya cuantía y potencialidad para su posible explotación será el objetivo de la investigación que se propone desarrollar en este documento, con la intención final de poner a la luz un proyecto minero medioambientalmente y económicamente viable.

Es de señalar que dadas las características de la mineralización y del conocimiento que se tiene de la estructura en la que se presenta la mineralización, este permiso “La Última” que se solicita y describe **sólo tiene sentido dentro del mayor proyecto de investigación “Nuevo Linares”**. **Una explotación de tan sólo 2 cuadrículas mineras sobre los tramos identificados de filones carece de sentido. Su pequeña extensión y la profundidad a alcanzar**, teniendo en cuenta la explotación histórica llevada a cabo, **implica un pequeño volumen susceptible de ser explotado que nunca sería rentable si no está incluido en un proyecto de mayor envergadura**, como es el proyecto “Nuevo Linares”.

### 1.3. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

El 08/01/2019 se solicita ante la Sección de Minas de Jaén de la Delegación Territorial de la Consejería de Empleo, Empresa y Comercio, el Permiso de Investigación "Nuevo Linares", de 173 cuadrículas mineras, sito en los términos municipales de Linares, Guarromán y Bailén, para recursos de la Sección C (Plomo, Cobre, Zinc y metales preciosos), por un periodo de tres años, en virtud de lo recogido en el Capítulo Tercero de la *Ley 22/1973, de 21 de Julio, de Minas* y en el artículo 66 del *R.D. 2857/1978 de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería*. El Asesor Técnico realiza la diligencia oportuna y el P.I. queda inscrito con el nº 16.266, en el folio 92 del Libro Nº 3 de solicitudes de derechos mineros

La Delegación Territorial de Jaén, en escrito remitido con fecha de salida 11/01/2019, comunica que una vez revisado el Registro Minero Andaluz, el P.I. solicitado se ve afectado por la Concesión de Explotación Derivada San Fermín nº 15.936, vigente en ese momento, y por la Concesión Directa de Explotación (demasia) “La Última” nº 14.260-20, caducada en 2010, pero no siendo actualmente el terreno que ocupa “franco”. Por ello se retiraron 5 de las 173 cuadrículas solicitadas en un principio, 3 de ellas por una superposición parcial con la C.E. San Fermín debido al cambio de datum utilizado en la definición de la cuadrícula U.T.M. utilizada como base para el registro de permisos y concesiones mineras; y otras 2 por comprender las 6 Ha de terreno no “franco” de la antigua C.E. (demasia) La Última. De esta forma el P.I. “Nuevo Linares” tendría 168 cuadrículas mineras y quedaría comprendido por el siguiente perímetro exterior y ventana interior de 2 cuadrículas, cuyas coordenadas geográficas de sus vértices serían las siguientes:

VERTICE	NORTE	OESTE	
PP	38°10'40"	3°40'40"	Punto de Partida
2	38°10'40"	3°38'00"	
3	38°10'20"	3°38'00"	
4	38°10'20"	3°36'40"	
5	38°09'20"	3°36'40"	
6	38°09'20"	3°38'00"	

7	38°09'00"	3°38'00"	
8	38°09'00"	3°38'20"	
9	38°08'20"	3°38'20"	
10	38°08'20"	3°38'40"	
11	38°08'00"	3°38'40"	
12	38°08'00"	3°40'00"	
13	38°07'40"	3°40'00"	
14	38°07'40"	3°40'20"	
15	38°07'20"	3°40'20"	
16	38°07'20"	3°40'40"	
17	38°07'00"	3°40'40"	
18	38°07'00"	3°41'00"	
19	38°06'40"	3°41'00"	
20	38°06'40"	3°41'20"	
21	38°06'20"	3°41'20"	
22	38°06'20"	3°41'40"	
23	38°06'00"	3°41'40"	
24	38°06'00"	3°44'20"	
25	38°06'20"	3°44'20"	
26	38°06'20"	3°44'40"	
27	38°06'40"	3°44'40"	
28	38°06'40"	3°45'00"	
29	38°08'00"	3°45'00"	
30	38°08'00"	3°44'00"	
31	38°08'20"	3°44'00"	
32	38°08'20"	3°43'40"	
33	38°08'40"	3°43'40"	
34	38°08'40"	3°41'40"	
35	38°09'00"	3°41'40"	
36	38°09'00"	3°41'20"	
37	38°09'20"	3°41'20"	
38	38°09'20"	3°41'00"	
39	38°10'00"	3°41'00"	
40	38°09'40"	3°40'40"	
PP	38°10'40"	3°40'40"	Cierra perímetro exterior
41	38°08'20"	3°43'00"	
42	38°08'20"	3°42'20"	Ventana interior
43	38°08'00"	3°42'20"	
44	38°08'00"	3°43'00"	

Tabla 1. Coordenadas del perímetro del P.I. "Nuevo Linares".

La superficie definida por este perímetro se encuentra, en su gran mayoría, dentro de la hoja nº 905, Linares, del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. Solo la franja más septentrional queda fuera de esta, ocupando terrenos de la hoja nº 884, La Carolina.

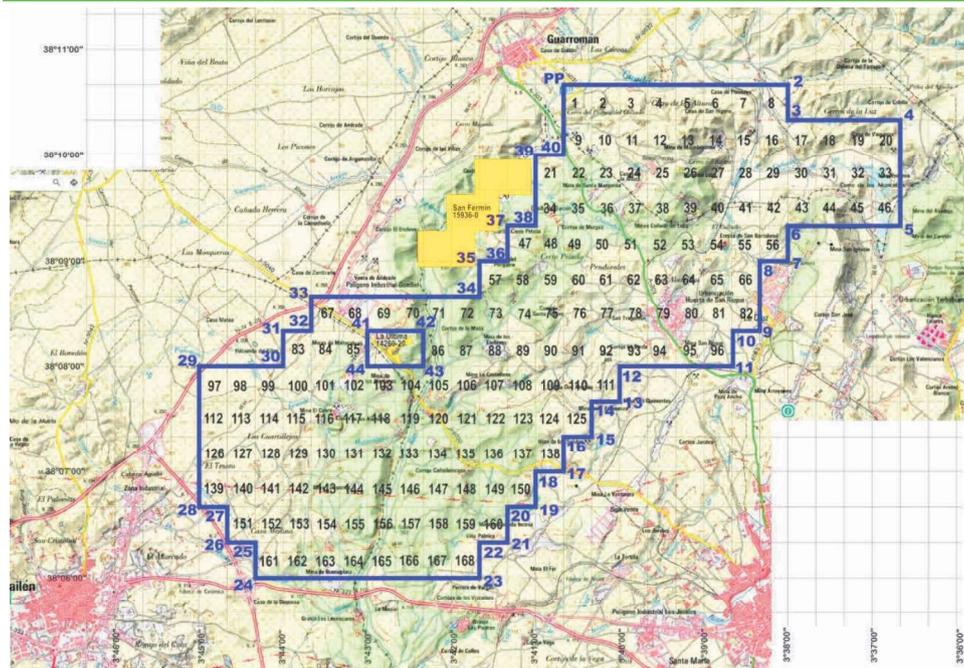


Figura 2. Delimitación del PI “Nuevo Linares” y del P.I. “La Última” (ventana interior) sobre el Mapa Topográfico Nacional a Escala 1:25.000 del IGN.

El 09/10/23 se firmaba por el Director General de Minas la *Resolución por la que se declaran francos los terrenos y se convoca concurso público para investigación minera en los terrenos comprendidos en los registros mineros que se citan, comprendidos en la provincia de Jaén* saliendo a concurso la C.D.E. “La Última” nº 14.260 fracc. 2 para galena en el término municipal de Guarromán.

KEROGEN ENERGY opta a obtener las dos cuadrículas a las que en su día hubo de renunciar por la existencia de la C.D.E. “La Última”, solicitando el Permiso de Investigación “La Última” de dichas dos cuadrículas.

Por ello se solicita el **OTORGAMIENTO del Permiso de Investigación “LA ÚLTIMA” para recursos de la Sección C (Plomo, barita, Cobre, Zinc y metales preciosos) por un periodo de 3 años**, con el fin de completar los estudios iniciados.

El perímetro del Permiso de Investigación definitivo que se solicita, queda definido por las siguientes coordenadas geográficas referidas al Meridiano de Greenwich (ETRS89).

VERTICE	NORTE	OESTE
1	38°08'20"	3°43'00"
2	38°08'20"	3°42'20"
3	38°08'00"	3°42'20"
4	38°08'00"	3°43'00"

Tabla 2. Coordenadas del perímetro del permiso.

## 1.4. ANTECEDENTES MINEROS

Mencionar la localidad de Linares trae inmediatamente a la cabeza la imagen de la minería. En España ha habido, y aún hay, importantes centros mineros y entre ellos, sin duda, Linares es uno de los que destacan en el acervo histórico. Como se ha dicho antes, la minería en Linares se remonta a tiempos pretéritos, pero su gran desarrollo tuvo lugar desde mediados del siglo XIX y hasta finales del siglo XX (Gutiérrez Guzmán, 1999). La gran profusión de filones de galena, algunos también con cobre, ha dado lugar un gran número de explotaciones, algunas de ellas de gran tamaño e importancia en la economía nacional en tiempos pasados (Figura 3), como Arrayanes, La Cruz, Pozo Ancho, Los Quinientos, El Mimbres-San Miguel, etc.

El distrito de Linares albergó centenares de demarcaciones mineras cubriendo los abundantes filones de mineral de plomo que se dispersan en un territorio de unos 130 km<sup>2</sup>. De hecho, esta atomización del dominio minero supuso un gran inconveniente en el desarrollo de grandes minas, pero ello no impidió que hubiera más de una docena de explotaciones donde se produjeron más de 200.000 tm de galena. En la Figura 3 se muestra un plano con el dominio minero que había en la segunda mitad del siglo XX y se señalan las principales explotaciones que hubo.

La mayor parte del dominio minero de la zona fue caducado y sacado a concurso en los siguientes boletines oficiales:

- B.O.E. de 10/10/2006
- B.O.E. de 4/03/2010
- B.O.J.A. de 26/05/2011
- B.O.J.A. de 3/10/2017

Quedando en todos los casos desiertos y por lo tanto pasando los terrenos a francos y registrables. Sin embargo la demasía “La Última” no se incluyó en el concurso, por lo que su terreno quedó franco pero no registrable al haber sido declarada caducada.

El Permiso de Investigación solicitado comprende las dos cuadrículas de la ventana en el permiso de investigación “Nuevo Linares” que no pudieron incluirse en él por estar parcialmente ocupadas por la Concesión Directa de Explotación (demasía) “La Última” nº 14260-20, caducada en 2010. En esa zona se hallan algunos filones que fueron objeto de explotación histórica:

- Un pequeño tramo del filón “El Cobre” y el Pozo San Luis.
- El filón “Ciriaco y Paula”.



estas carreteras hay varios caminos públicos y privados, que permite un acceso sencillo a prácticamente cualquier lugar del permiso.

Desde el punto de vista geográfico se encuentra en la comarca jienense de Sierra Morena (Figura 4), donde las últimas estribaciones de estos relieves se unen ya al valle del río Guadalquivir. Es un terreno de relieve suave, con prácticamente todo el permiso en una zona de meseta que baja hacia el valle del río Guadiel, incluyendo el cerro donde se ubica el Pozo San Luis. De esta forma las cotas de las zonas bajas y las llanas altas están entre los 330 y los 380 m.s.n.m.



Figura 4. Situación del P.I. "Nuevo Linares" en el mapa comarcal de Andalucía. Fuente: Wikipedia.

El clima es entre Mediterráneo Continental y Mediterráneo Semiárido con las particularidades locales que se derivan de estar en la división entre dos zonas climáticas, con inviernos fríos con algunas heladas y veranos calurosos y secos. Dentro de la clasificación de Köppen y Geiger se trataría de estepario caluroso (BSk<sup>1</sup>) según "Climate-data.org", o de clima de temperatura suave con veranos secos y calurosos (Csa) según Kottek et al., 2006. La temperatura promedio en Linares es 17.0 ° C. En un año normal, la precipitación media es 469 mm (Figura 5). En la clasificación de áreas de pluviometría homogénea de la Junta de Andalucía, el P.I. está en la zona de Linares-Baeza, caracterizada por representar una interfase entre el valle del Guadalquivir y las zonas montañosas de Sierra Morena y Sierras de Cazorla, Mágina y Arana (Figura 6).

<sup>1</sup> Según el *Atlas Nacional de España* del IGN el clima sería BSh

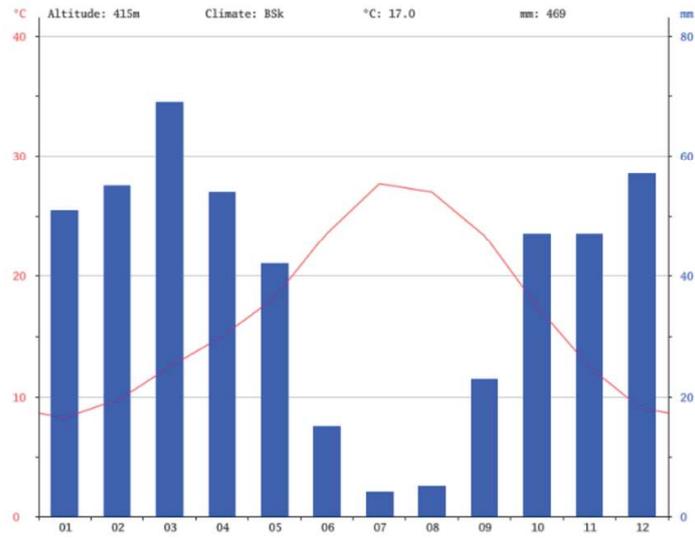


Figura 5. Climograma de precipitaciones y temperaturas medias en Linares. Fuente: *climate-data.org*.

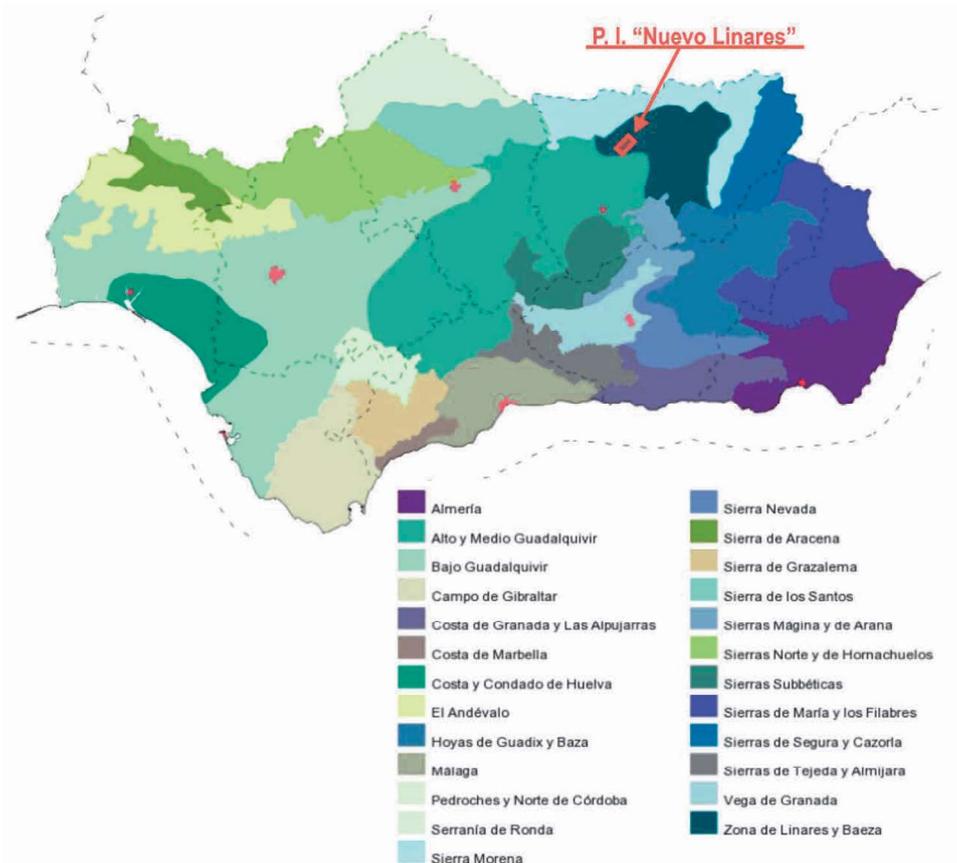


Figura 6. Mapa de áreas de pluviometría homogénea en Andalucía. Fuente: [www.juntadeandalucia.es/medioambiente/](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/)

El río Guadiel es el curso más importante en la zona, pero fuera del perímetro del permiso, que carece de cursos de agua. Es un afluente directo del río Guadalquivir, al que se une cerca de la población de Mengíbar, a unos 20 km más allá del límite sur del P.I. Drena las aguas de la Fosa de Bailén desde La Carolina y se halla en una posición elevada respecto a las vecinas cuencas de los ríos Guadalén-Guarrizas al Este, y Rumberla-La Campana por el Oeste, lo que condiciona que la extensión de su cuenca sea pequeña (360 km<sup>2</sup>) y que sus caudales sean muy inferiores a los de esos otros ríos. Discurre con sentido NE-SW por fuera del perímetro del P.I., por su borde oriental, para girar hacia el Sur. Este tramo corresponde al curso medio del río. Solo hay información de su caudal en la estación de aforo situada cerca de su desembocadura en Mengíbar, en donde se ha registrado en 26 años de mediciones un caudal medio anual de 0,537 m<sup>3</sup>/s.

La escasa red de drenaje del permiso fluye hacia el río Guadiel sin cauces permanentes.

En cuanto a la vegetación, la mayor parte del P.I. está cubierto por matorral y terreno adehesado, con algo de pastizal y olivar. También hay terrenos antropizados por las antiguas minas y cultivos. La cubierta vegetal actual, su distribución, composición y formas se deben, en mayor o menor medida, a la actuación del hombre en su totalidad.

La fauna de la zona es la que se puede encontrar común en este tipo de territorios con importante actividad y presencia humana. Son abundantes las aves, habiéndose inventariado 76 especies en el término de Linares. Las especies de mamíferos han sido 37, las de peces 5, reptiles 19 y anfibios 14 (Diagnóstico Técnico, Agenda 21 de Linares).

No hay ninguna figura de protección ambiental dentro de los límites del permiso.

## 1.6. AMBIENTE GEOLÓGICO REGIONAL

### 1.6.1. Introducción

Desde el punto de vista geológico los filones de Linares se sitúan en el extremo meridional de la Zona Centroibérica, encajados en un plutón de granodioritas y en su aureola de metamorfismo de contacto, formada ésta por pizarras y grauwacas del Carbonífero Inferior. Estas rocas ígneas y metamórficas del escudo hercínico (en esta zona formado hace unos 315 M.a.), aparecen semicubiertas por capas de areniscas rojizas del Triásico (unos 245 M.a.). El cuerpo intrusivo de Linares aparece como la extensión hacia el SE del gran batolito granítico de Los Pedroches, pero aparece separado de aquel al existir entre ellos una pequeña depresión limitada por 2 fallas de rumbo NE-SW. Esta pequeña depresión forma una cuenca que está rellena por rocas terciarias y mesozoicas que se la conoce como Cuenca de Bailén o Fosa de Bailén y que

se formó hace unos 20 M.a. (Plano 3). En cualquier caso ambos cuerpos graníticos no parecen estar conectados antes de la formación de la cuenca sedimentaria, ya que el plutón de Linares aparece totalmente rodeado por las pizarras Carboníferas y, además, la composición petrológica de ambos cuerpos graníticos es diferente. La presencia de esta pequeña cuenca sedimentaria hace que desde el punto de vista geológico este distrito aparezca desconectado del vecino de la Sierra de La Carolina.

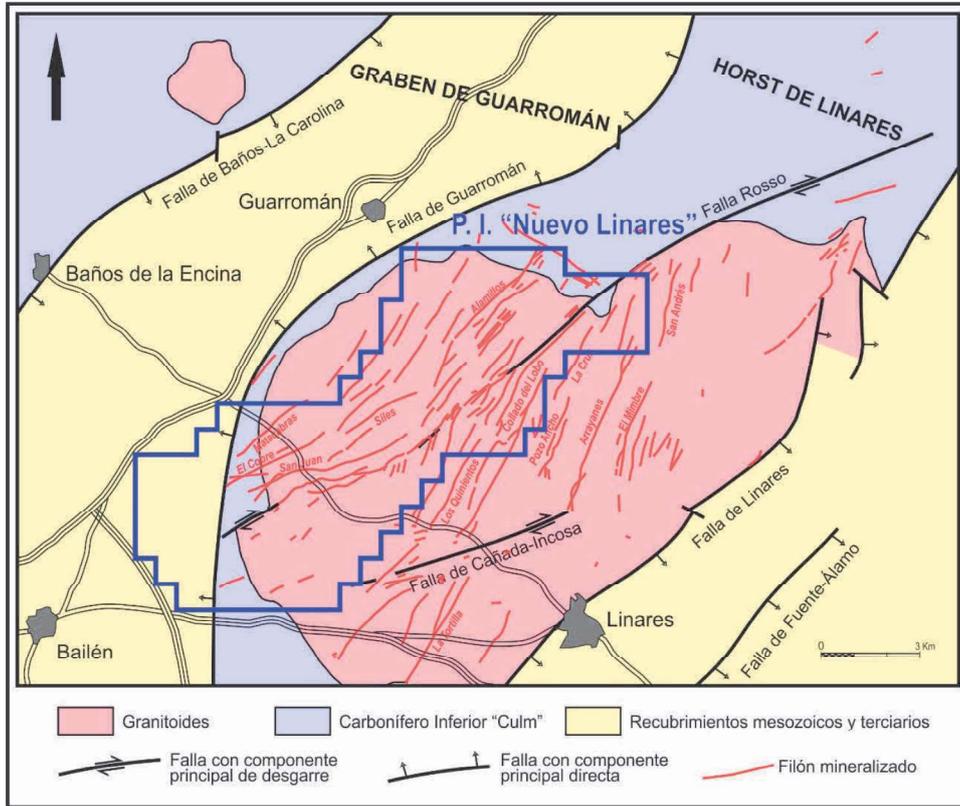


Figura 7. Esquema geológico del campo filoniano de Linares. Para clarificar la estructura se ha eliminado la fina cobertera triásica y los depósitos aluvionares cuaternarios. (Basado en Azcárate, 1971).

La geología del distrito de Linares se estructura en bandas orientadas NE-SW, limitadas por grandes fallas que definen una serie de bloques (fig. 8). Así, al Oeste y NW de Linares aparece una banda ocupada por los sedimentos terciarios de la Cuenca de Bailén, limitada por las fallas conocidas como la de Baños de Encina-La Carolina al Oeste, y la de Guarromán al Este. Esta cuenca sedimentaria es la que separa los afloramientos hercínicos de Linares del resto de Macizo Hercínico Ibérico, aunque continúan los materiales del zócalo ígneo y metamórfico a una profundidad de unos 250 m. Al Este de Linares, mediante otra gran falla (falla de Linares) se hunde el zócalo de nuevo, volviendo a quedar cubierto por los sedimentos triásicos y terciarios. Otra nueva falla situada más al Este, vuelve a hundir aún más al zócalo hercínico, de forma que éste se

encuentra a unos 600 m de profundidad en la zona de la estación de Linares-Baeza, a unos 10 km a levante de la población (Azcarate, 1971). De esta forma los afloramientos hercínicos quedan formando un horst tectónico (bloque elevado), limitados por la denominada falla de Guarromán al Oeste y por la falla de Linares al Este (Figura 7).

El horst de Linares aparece fracturado y subdividido a su vez en dos bloques que quedan separados por una importante fractura de rumbo general también NE-SW, conocida como Falla Rosso. Las direcciones filonianas a un lado y otro de esta falla son diferentes, de modo que en el bloque que queda al Sur tienen una dirección cercana a N-S, mientras que en el bloque septentrional lo tienen NE-SW, paralela a esa falla (Azcarate, 1971).

Como máximos exponentes de los filones del bloque meridional se pueden destacar los denominados San Andrés (Coto La Luz), El Mimbres-San Miguel, Arrayanes, La Tortilla, La Cruz y Pozo Ancho y Los Quinientos. En el bloque septentrional destacan los conocidos como El Cobre, Matababras, San Juan y Siles.

El Permiso de Investigación solicitado cubre una pequeña área de la parte occidental del campo filoniano (Figura 7). Mayoritariamente se sitúa sobre terrenos en rocas graníticas cubiertos por una fina cobertera triásica.

### 1.6.2. Los cuerpos mineralizados

Los filones de este distrito minero se pueden definir como cuerpos estrechos, en posición subvertical, y con gran continuidad lateral. Este hecho, unido a la existencia de amplias zonas con importantes acumulaciones de galena, fueron los que dieron la merecida fama mundial al distrito de Linares. Ciertamente es un hecho excepcional el que se dé tal profusión de vetas mineralizadas de continuidades kilométricas y con amplias zonas con fuertes metalizaciones de plomo, habiendo sido frecuentes los frentes en los que se alcanzaban espesores de galena masiva de 1 metro y más.

Las granodioritas se presentan como el encajante más favorable para las mineralizaciones plumbíferas, aunque algunos filones llegan a encajar en las pizarras, sobre todo cuando éstas están metamorfizadas. Como se ha comentado, el Horst de Linares aparece fracturado y subdividido en dos bloques que quedan separados por la falla NE-SO denominada Falla Rosso. Esta falla habría actuado como un desgarre dextral en un primer momento, con una reactivación como falla directa después en la que se hundiría el bloque suroriental. En ese bloque el movimiento inicial de la Falla Rosso habría facilitado la apertura de la fracturación heredada en el plutón que estuviera orientada cerca de N-S, emplazándose la mineralización y formando los filones con ese rumbo. Por el contrario, en el bloque noroccidental, las fracturas heredadas que son favorables a la reapertura son las cercanas a la dirección NE-SO, sobre todo cuando están relativamente cerca de la Falla Rosso. Este modelo estructural fue establecido por

Azcárate (1971) y explica la variación de rumbos filonianos en los 2 bloques del horst del plutón de Linares.

Hay que resaltar que muchas de las más de 100 vetas metalizadas de cierta entidad en Linares han tenido longitudes superiores a 1 km. Las mineralizaciones alcanzaron los 600 m de profundidad, produciéndose una notable disminución del contenido en Pb por debajo de esos niveles. También se encontró en muchas minas un cierto empobrecimiento entre los 100 y 200 m de profundidad. En cuanto a la metalización ha habido muchos casos en que la galena ha estado presente de forma continua en más de 1 kilómetro, con casos extraordinarios como el filón Arrayanes, explotado de forma casi continua en más de 4 km.

Dadas las buenas características reológicas de las rocas encajantes de los filones, los contactos eran normalmente netos y consistentes. Esto ha facilitado el laboreo por la estabilidad de los hastiales, habiéndose aplicado de forma generalizada realce con relleno de mineral en cámara almacén, que eran vaciadas una vez terminada la operación de arranque (shrinkage stoping). Este echo, unido a la estrechez de los huecos de explotación generados y su verticalidad ha impedido que haya una subsidencia del terreno minado, más allá de puntuales casos de colapsos de algún pozo o de explotaciones muy superficiales.

### 1.6.3. La mineralización

La mineralización de los filones de Linares es en general muy simple, con galena embebida en una ganga de carbonatos y barita. Estos minerales se presentan con aspecto cristalino en forma de granos gruesos o muy gruesos, lo que ha permitido una fácil clasificación y la obtención de concentrados de alta ley en plomo. Además de estos minerales mayoritarios se han definido un total de 47 especies, aunque la mayor parte de ellas sólo han sido encontradas a escala microscópica. La galena en general ha presentado bajo contenido en plata, con unos 250 gr del metal noble por tonelada de plomo metal (Vázquez Guzmán, 1983).

La paragénesis global ha sido formada en tres pulsos mineralizadores, que serían uno primero plumbífero, uno segundo cobrizo y uno tercero de barita (Azcárate et al., 1971). La principal etapa de mineralización ha sido la primera, que ha formado la mayor parte del relleno de las grietas filonianas con galena y ankerita como minerales fundamentales. La segunda etapa está caracterizada por la presencia de calcopirita con ganga de cuarzo cristalino. Junto con la calcopirita también se encuentran pirita y, muy raramente, esfalerita y niquelina. La etapa cobriza aparece principalmente en las partes más someras y se empobrece rápidamente en profundidad. Prácticamente desaparece, o queda reducida a lo anecdótico, por debajo de unos 100 m. Esto ha hecho que algunos de los filones de Linares fueran en principio explotaciones de cobre o de cobre-plomo,

para pasar después a ser exclusivamente plumbíferas. Por último, la tercera etapa se caracteriza por la presencia de barita que se acompaña de calcita, pirita y marcasita.

Las mineralizaciones supergénicas tuvieron cierta presencia en los filones de Linares. Aunque volumétricamente no han representado cantidades importantes, en principio debió tener importancia al explotarse los óxidos y carbonatos de cobre. A niveles superficiales aparecían monteras de oxidación con llamativos afloramientos coloreados por las tinciones de los minerales cobrizos procedentes de la meteorización de la paragénesis cobriza. La mineralización plumbífera pasaba a formar carbonatos (cerusita) y sulfatos de plomo (anglesita). En profundidad la mineralización supergénica se ha mantenido hasta niveles considerables, aunque solo de forma anecdótica, cuya formación se ha visto favorecida por la circulación de las aguas subterráneas al representar los filones una banda de mayor permeabilidad entre las rocas encajantes muy impermeables.

Asociada a la mineralización aparece una ligera alteración de las rocas encajantes, principalmente apreciable en las granodioritas. Esta consiste en cloritización de las micas, sericitización de los feldespatos y saussuritización de las plagioclasas. No suele ser muy intensa y su alcance se limita a unos decímetros. Las reactivaciones tectónicas de las fracturas que albergan a los filones, han generado salbandas arcillosas por la trituración de la roca y la argilitización de sus componentes.

## 1.7. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Pese a la gran importancia del distrito de Linares, no han sido muchas las labores de investigación realizadas. Esto se ha debido en buena parte a la gran atomización del dominio minero, que impedía desarrollar amplios programas de investigación en la búsqueda de nuevos recursos. La investigación tradicional que se hacía era la de aprovechar las épocas de buena coyuntura económica y utilizar los recursos financieros para invertir en los pozos ya existentes y abrir nuevas galerías siguiendo las trazas filonianas. Normalmente la financiación se agotaba antes de haber puesto a la luz suficiente mineral, muchas veces limitado en extensión por la escasa superficie de la concesión. Por ello no sería hasta la década de los 1960 y 1970, cuando la Empresa Nacional Adaro comenzó a realizar verdaderas investigaciones en el amplio territorio que se le había asignado a través de la Reserva del Estado.

No se tiene noticia de investigaciones históricas específicas en el área del permiso más allá de las que realizaba la empresa La Cruz, titular de las concesiones mineras en la zona, mediante labores mineras subterráneas.

Desde 2020 KEROGEN ENERGY está investigando la zona con su permiso de investigación “Nuevo Linares”, con resultados positivos. Dentro del plan de actuación están los trabajos a desarrollar en el P.I. La Última solicitado.

## 2. PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN

### 2.1. INTRODUCCIÓN

El Permiso de Investigación “La Última”, nº pendiente de inscripción, se solicita para los recursos de la Sección C, con especial atención a los minerales de plomo, y a aquellos que suelen acompañarle como el Zn, Cu y Ag y barita.

El programa de investigación a desarrollar será llevado a cabo por técnicos de la empresa KEROGEN ENERGY, S.L., con el apoyo de consultorías e ingenierías externas así como contratas especializadas en la ejecución de las labores de campo tales como geofísica o perforación de sondeos de investigación, todas ellas de acreditada solvencia. KEROGEN ENERGY S.L. aplicará como operador las técnicas de investigación que en los últimos años se han confirmado como las más apropiadas en la búsqueda de yacimientos filonianos como los de Linares.

Hemos de tener en cuenta que la zona solicitada está dentro del perímetro general del P.I. “Nuevo Linares” y que originalmente estaba incluido en él, debiendo excluirse por no ser en aquel momento terreno registrable. Como se ha comentado los filones identificados dentro de las dos cuadrículas mineras no tienen suficiente entidad como para en principio poder justificar su investigación de cara a identificar un yacimiento susceptible de ser explotable, **y su investigación sólo se justifica dentro de la investigación general que de la zona está realizando KEROGEN ENERGY a través de su P.I. “Nuevo Linares”**. El reducido tamaño de los filones presentes en el permiso, que son parte de estructuras mayores, la estructura general del yacimiento, etc. hacen que su investigación aislada y particularizada carezca de sentido fuera de la investigación general del distrito. Su investigación aislada supondría descontextualizar los elementos presentes y supondría un hándicap para la comprensión de sus características mineralógicas, geológicas, etc. Esto es un aspecto que condiciona también la aplicación directa de las técnicas habituales de investigación.

Por todo lo anterior KEROGEN ENERGY incorporará la investigación de “La Última” a sus planes generales de investigación en el P.I. “Nuevo Linares”, de forma que se realizará

de forma conjunta y coordinada en ambos permisos, siguiendo la lógica científico-técnica.

Los resultados obtenidos durante la investigación, tanto en este caso de conseguir identificar los suficientes recursos como lo contrario, pasará a las bases de datos de la Administración Minera y de los organismos públicos que manejan este conocimientos, con todos los beneficios futuros para la sociedad que de ello se derivase.

## 2.2. LEGISLACIÓN APLICABLE

La Legislación que es de obligada aplicación y otra consultada para la elaboración del Proyecto de Investigación se muestra en el Anexo I.

## 2.3. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Como se explica en el apartado 1.2, KEROGEN ENERGY, S.L. investiga recursos minerales relacionados con el sector energético. Linares ha sido un gran productor de plomo, materia prima básica para la construcción de acumuladores eléctricos, y sus antiguas minas pueden albergar aun importantes recursos del metal. De hecho el cierre de las últimas explotaciones se debió a la profunda bajada del precio de todos los metales a finales del siglo XX y pérdida de mercado, no al agotamiento de los recursos que aún quedaban a la vista.

KEROGEN ENERGY, S.L., gracias a la experiencia profesional de sus técnicos y a la investigación llevada a cabo en el P.I. “Nuevo Linares”, dispone de un conocimiento muy detallado del distrito minero y de las evidencias de mineralización existentes, así como del potencial de diversas áreas. En base a este conocimiento en el P.I. “Nuevo Linares” se establecían una serie de objetivos prioritarios a investigar entre los que se encontraban los siguientes:

- 1) Mina de El Cobre, donde los planos de la explotación en el momento de su cierre mostraban reservas de mineral por explotar en varias plantas de la mina, así como macizos abiertos en profundidad.
- 2) Mina Matababras, donde el macizo explotado quedaba interrumpido repentinamente hacia el NW por una falla.

Vemos que estos dos objetivos implican al P.I. “La Última” ya que ambas minas se internan en su superficie. Por tanto podemos considerar estos objetivos prioritarios también como objetivos del P.I. “La Última”.

Añadiríamos un tercer objetivo que sería la investigación del filón Ciriaco y Paula, que aunque tiene poca expresión superficial, nunca ha sido investigado.

Cabe mencionar que en atención a la prioridad de los objetivos, el área del P.I. “La Última” se encuentra dentro de la Zona 1 del P.I. “Nuevo Linares”, es decir, la de máxima prioridad en los planes de investigación de KEROGEN ENERGY (Figura 8).

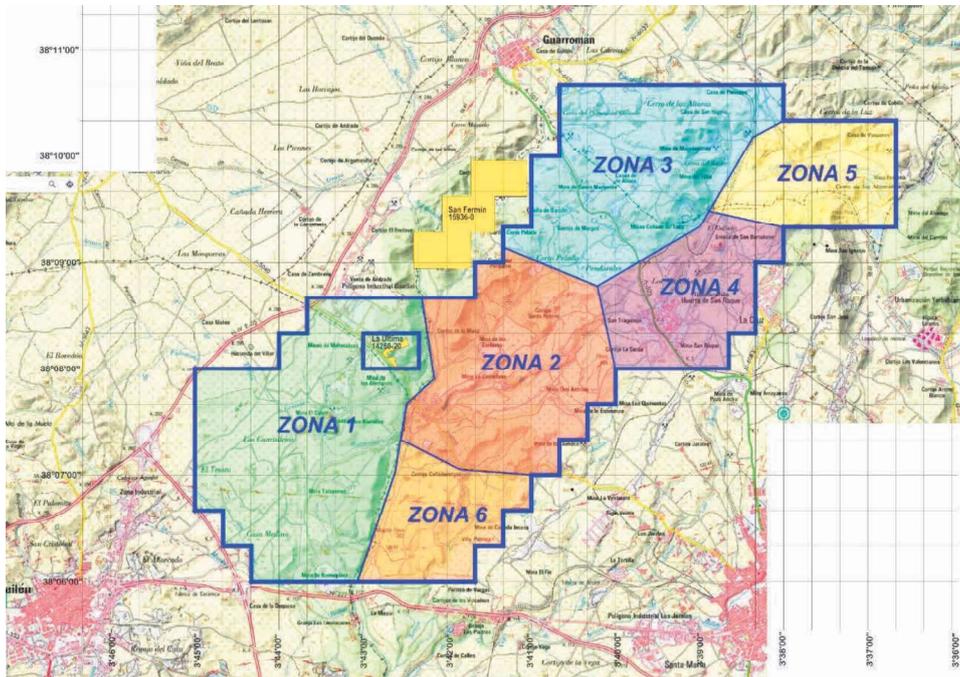


Figura 8. Zonación del P. I. “Nuevo Linares” y ubicación del P.I. “La Última”.

Para conseguir dichos objetivos, se llevarán a cabo los siguientes trabajos:

- 1) Trabajo de gabinete, recopilación de la información histórica existente de diversas fuentes especialmente intentar localizar los planos de labores.
- 2) Realización de sondeos con recuperación de testigo sobre objetivos deducidos de las labores mineras antiguas y posibles extensiones de estructuras mineralizadas.
- 3) Campañas de geofísica de superficie para reconocer la estructura del subsuelo en terrenos con recubrimientos potentes.
- 4) Realización de sondeos con recuperación de testigo sobre anomalías geofísicas.
- 5) Integración de toda la información obtenida y ampliación del modelo 3-D con la finalidad de obtener una primera estimación de recursos.
- 6) Análisis de muestras.

No se considera la realización de campañas de geoquímica porque las características del recubrimiento y de los afloramientos indican que no aportaría mayor información.

Hay algunas actividades que no se contemplan por haber sido realizadas durante la investigación llevada a cabo en el P.I. “Nuevo Linares”, por ser indisociables de una investigación general geológico-minera de una zona determinada.

- 1) Reconocimiento de campo con la elaboración de una cartografía geológica-minera. Para la elaboración de la cartografía, siempre es necesario extenderse más allá de los límites propios del permiso con el fin de entender mejor las estructuras, ya que estas no se amoldan a los límites administrativos.
- 2) Inventario de puntos de agua y modelo hidrogeológico de Permiso de Investigación. De la misma forma que en el punto anterior, es necesario extenderse más allá de los propios límites administrativos para entender la hidrogeología y poder construir el modelo hidrogeológico.
- 3) Digitalización de la información histórica y construcción de un modelo geológico-minero global en 3D. Con la información histórica en forma de planos, se digitaliza cada documento en su conjunto sin dejar huecos que podrían suponer introducir incógnitas dónde no las hay.

No se descarta el acceso y acondicionamiento de algunas labores subterráneas si se considera conveniente para la investigación. Esto se haría, llegado el caso, desde la rampa de investigación que se ha diseñado y se está tramitando en el P.I. "Nuevo Linares". En su momento se propondrá un plan de trabajos que se presentará a la Autoridad Minera para su preceptiva aprobación.

## 2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS A REALIZAR

### 2.4.1. Recopilación de información

Esta tarea es relativamente sencilla y prácticamente se ha llevado a cabo en el seno del P.I. "Nuevo Linares". Consiste en trabajo de gabinete, de búsqueda y consulta de información geológica, minera, tectónica, hidrogeológica, sísmica, mineralógica, petrográfica, etc. Las fuentes consultadas han sido amplias: Colectivo Arrayanes, Archivo de Linares, Archivo Histórico de Jaén, Sección de Minas de Jaén, Escuela Politécnica de Linares, Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas de Linares, IGME, archivos de empresas privadas (MAYASA, INSERSA...), otras instituciones y particulares. Y por supuesto las actuales bases de datos georreferenciadas que la Administración pone a disposición vía web.

En el caso concreto de Linares, el Colectivo Proyecto Arrayanes lleva efectuando una encomiable labor de recopilación de la documentación relacionada con las minas del distrito, y la consulta de su fondo documental ha sido de gran utilidad. En la misma línea se ha contado con la Escuela Politécnica de Linares, especialmente con su rama minera, centro de formación de profesionales de la materia y donde ejercen su labor formadora profesionales que trabajaron en las minas. Igualmente también se ha consultado con el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas de Linares y con la información existente en los archivos de la Sección de Minas de Jaén y el Archivo Provincial de Jaén.

KEROGEN ENERGY dispone actualmente de una base de datos formada por 1.184 archivos organizados en 147 documentos (35,6 Gb) más una base de datos general de 408 documentos y de 212 más relativos al plomo y su industria.

No obstante se continuará recopilando información con hallazgos puntuales y consultas específicas a las bases de datos localizadas.

## 2.4.2. Reconocimiento de campo

Como ya se ha comentado, se dispone de una cartografía geológica-minera detallada a escala 1:10.000 y un mapa metalogenético detallado a la misma escala con especial atención a la geología estructural y a las labores mineras en superficie, de forma que se pueden establecer las alineaciones filonianas con detalle y fiabilidad. Este es el documento base de trabajo para la posterior planificación de los trabajos a realizar.

No obstante no se descartan nuevas visitas al terreno para obtener más detalles. En este caso, el trabajo de campo se realizará con apoyo de GPS de bolsillo, con una precisión en X e Y de menos de 2 m, para el posicionamiento de las labores mineras y de aquellas estructuras geológicas relevantes. Este error se considera inapreciable a una escala de trabajo de 1:10.000. No obstante, no se descarta la realización de cartografías geológicas de mayor detalle en lugares que se considere conveniente. En este caso la toma de coordenadas de los elementos reseñables se hará con precisión centimétrica con un apoyo topográfico externo mediante GPS de precisión.

## 2.4.3. Inventario de puntos de agua y modelo hidrogeológico

Como se ha comentado se ha realizado un primer estudio hidrogeológico del Distrito Minero que incluye el área de “La Última”. Haberlo realizado sin incluir esta área tan pequeña hubiera resultado absurdo y supondría un hueco de información para el propio P.I. “Nuevo Linares”, que necesita de esa información para entender y conocer todo el sistema hidrogeológico. De todas formas si no se hubiese hecho así, realizar un estudio hidrogeológico de un área específica tan pequeña no tendría sentido pues no habría información suficiente para realizar la modelización si no se va a un área mucho más amplio de tamaño regional.

#### 2.4.4. Digitalización de la información. Modelo geológico-minero global en 3D

Como se ha comentado parte de la información recopilada con motivo de los trabajos del P.I. “Nuevo Linares” y que afectan al P.I. “La Última” (especialmente el filón Matababras y el filón El Cobre) ya ha sido digitalizada.

De todas formas la nueva información recopilada y generada durante las actividades de investigación, se deberá digitalizar y será introducida en un sistema GIS o CAD georreferenciado, para su manejo y gestión. El modelo 3D generado será común para ambos permisos “La Última” y “Nuevo Linares”.

Es de gran importancia la correcta digitalización de las labores mineras, que unido a la cartografía geológico-minera realizada, permita la colocación precisa de los trabajos mineros antiguos. Con ello se tendrá un modelo 3D referido a la superficie actual, que permita realizar una correcta planificación de los trabajos de investigación.

#### 2.4.5. Sondeos con recuperación de testigo sobre objetivos deducidos de las labores mineras

A raíz del conocimiento del que ya se dispone se está en condiciones de programar una primera campaña de sondeos sobre objetivos deducidos de la distribución de mineralización reconocida y/o explotada en las antiguas minas.

La perforación con recuperación de testigo es la labor que más información da en cualquier investigación minera, pero también es la de mayor coste, por lo que la ubicación de los sondeos adecuados en los lugares apropiados es muy importante. Aunque normalmente a la hora de plantear una investigación la ubicación de los sondeos es imprecisa, pues su ubicación depende de múltiples factores y finalidad pretendida con él, en el caso actual, dado el conocimiento previo que disponemos podemos hacer un planteamiento de investigación para ciertas estructuras mineralizadas conocidas. Dado también el reducido tamaño de los objetivos, se plantea un único sondeo de unos 400 m, con el cual cortaríamos Matababras a unos 300 m de profundidad y el Ciriaco y Paula a nivel más superficial.

Hay que señalar aquí que la investigación minera es una actividad dinámica y cambiante y que la ejecución de trabajos tan precisos como es la ejecución de un sondeo depende de muchos factores y de resultados de otros trabajos previos. De esta forma las coordenadas, longitud de sondeo y profundidad alcanzada son simplemente orientativas y base de un presupuesto que puede verse modificado a la hora de ser realizados. No obstante las consideraciones anteriores, podemos fijar las coordenadas

del sondeo a realizar con bastante certeza. Este sondeo tendría las características siguientes (Tabla 3):

SONDEO	COORDENADAS		LONGITUD PREVISTA	PROFUNDIDAD OBJETIVO
	X	Y		
LU-01	437751	4221174	400	300

Tabla 3. Ubicación del sondeo a realizar en el P.I. "La Última" sobre objetivos deducidos de la información obtenida en la investigación llevada a cabo con motivo del P.I. "Nuevo Linares" (Datum: ETRS89 / UTM Zona 30 N).

Este sondeo será inclinado, ya que los cuerpos mineralizados a reconocer son subverticales, con una inclinación de 50° con la horizontal. Su dirección será hacia el NW.

En la figura siguiente se señala esta ubicación.



Figura 9. Localización del sondeo con recuperación de testigo planteado a partir de la información existente.

De la ubicación definitiva del sondeo se dará debida cuenta no sólo en los Planes de Labores Anuales, si no en informes realizados a tal fin con toda la información y documentación necesaria para el completo conocimiento y control por parte de la Administración Minera competente.

La profundidad estimada del sondeo estaría en los 300 m de profundidad, sondeo que se clasifica como poco profundo (López Jimeno *et al.*, 2006).

El método de perforación será a rotación con recuperación de testigo con *wire-line* desde la superficie, para disponer una muestra completa de todo el macizo rocoso atravesado para, además del estudio de la mineralización, también poder realizar estudios geológicos y geotécnicos. Los testigos se colocarán en cajas de madera y serán enviados cada día a una nave/oficina de proyecto para su testificación, preparación de muestras y almacenaje.

El diámetro común de la perforación será el de HQ (96 mm), aunque se podrá utilizar el PQ (122,6 mm) para los primeros metros que garantice la estabilidad de las zonas meteorizadas superficiales una vez entubado, así como el NQ si fuera necesario reducir en diámetro por las circunstancias adversas de la perforación, aunque no sería lo deseable<sup>2</sup>.

Toda perforación requiere un fluido de perforación que cumple una doble función: refrigeración de la boca de perforación, por un lado, y la extracción del ripio de perforación por otro. En las perforadoras de rotación con recuperación de testigo se utiliza agua con aditivos biodegradables. En caso de materiales fácilmente disgregables (arenas), podrá utilizarse lodo hidráulico con polímeros biodegradables o bentonitas. En todos los casos los aditivos, polímeros, etc. que se añadan al lodo para controlar sus propiedades de densidad, viscosidad, etc., serán completamente biodegradables y respetuosos con el medioambiente, por lo que han de disponer de las fichas de certificación correspondientes. Actualmente el mercado sufre sin problemas dichos productos.

En cuanto al emplazamiento de la perforadora y elementos auxiliares, la superficie afectada será la mínima necesaria (en torno a 200 ó 300 m<sup>2</sup>) y provisional, devolviendo dicha superficie a su estado original a la finalización de los sondeos. Con el fin de minimizar aún más la ya de por sí pequeña afección temporal de los sondeos, se buscarán preferentemente zonas improductivas antrópicas y en su defecto zonas agrícolas antropizadas o de pastizal. Se buscará también ubicaciones con la mayor facilidad posible de accesos, utilizando preferentemente los ya existentes.

Puede ser que se proponga que alguno de los sondeos terminados sean entubados con tubería de PVC ranurada para posteriores controles hidrogeológicos. En estos casos el emboquille quedará protegido con una pequeña arqueta metálica y cierre de seguridad, que permita la conservación del sondeo y la introducción de instrumentación (piezómetros, toma de muestras de agua, etc.). Los sondeos que no se entuben serán cementados y quedarán tapados tras los trabajos de restauración.

Terminadas todas las operaciones en el sondeo se procederá a la restauración del terreno afectado. En primer lugar se retirarán los ripios generados, que en este tipo de sondeos estarán en forma de lodos. Estos materiales son inocuos e inertes medioambientalmente hablando, ya que están formados por fragmentos finos de los materiales que forman las unidades rocosas del sustrato atravesado, por lo que pueden ser depositados en vertederos de inertes. Limpiado el emplazamiento, por medios mecánicos se hará una restauración morfológica del terreno a un estado lo más similar posible al original. Normalmente esta es la única labor de restauración como tal que será necesaria, ya que no se utilizan materiales contaminantes. No obstante, previo a la

---

<sup>2</sup> Diámetro de NQ (75,7 mm).

preparación del emplazamiento se valorará la necesidad de proceder posteriormente a realizar alguna labor de repoblación en el caso de tener que afectar a terrenos que así lo requirieran.

#### 2.4.6. Campañas de geofísica de superficie.

Las estructuras metalizadas como los filones de Linares se comportan como cuerpos conductores entre las rocas encajantes que son altamente resistivas (granitoides). Por ello la investigación geoelectrica se plantea como una útil herramienta para la investigación de este tipo de mineralizaciones. En el presente permiso se complementa el sondeo propuesto con una geofísica eléctrica, que donde está planteada puede dar una cierta respuesta de la profundidad del filón Ciriaco y Paula. Serían un par de perfiles de 200 m separados unos 150 m.

En el caso actual se plantea una campaña de 2 calicatas eléctricas (Tomografía) de 200 m de longitud, separadas 100 m y orientadas NE-NW. En la Figura 10 se indica la situación de estos perfiles. El diseño del dispositivo se acordará con la empresa especializada en el tema, pero en el momento actual, inicios de una investigación, se dará prioridad a la definición de los cuerpos antes que a un gran alcance en profundidad.



Figura 10. Distribución de perfiles para la campaña de geofísica eléctrica .

La utilización de técnicas geofísicas se plantea también en el estudio de otros objetivos, como el estudio de la extensión de las mineralizaciones bajo labores mineras de poca profundidad.

La exploración geofísica ha avanzado mucho en los últimos tiempos y por ello, en el presupuesto, se incluye una partida alzada para estos trabajos. En el Anexo II del presente proyecto se describen los diferentes métodos geofísicos que se consideran

apropiados para este tipo de estructuras mineralizadas (tomografía eléctrica, polarización inducida, sondeos electromagnéticos en el dominio de tiempos (SEDT) y método magneto-telúrico). No se descarta la utilización de algún otro método recomendado por las empresas especializadas.

En los correspondientes Planes de Labores anuales se incluirán en su caso los estudios geofísicos a realizar.

#### 2.4.7. Investigación de anomalías geofísicas

Las técnicas geofísicas son métodos indirectos que permite detectar potenciales estructuras mineralizadas en profundidad mediante una modelización de los resultados, pero nunca pueden sustituir a la ejecución de un sondeo con obtención de muestras directas del subsuelo, que es un reflejo real de lo que hay. Es por ello que terminadas esas campañas y con los resultados obtenidos, hay que realizar una serie de trabajos para acceder al subsuelo y poder reconocer lo que se ha encontrado como anómalo.

Las anomalías geofísicas determinan cuerpos a profundidades inalcanzables mediante la realización de catas con una simple pala retroexcavadora, por lo que normalmente el siguiente paso en la investigación es la ejecución de sondeos con recuperación de testigo.

Por lo tanto, el progreso de la investigación mediante geofísica conlleva la ejecución de sondeos mecánicos para el reconocimiento de las estructuras en profundidad. Es por ello que en el proyecto de investigación del permiso solicitado se presupuesta una partida de ejecución de sondeos del orden similar a la campaña planteada a raíz de los trabajos mineros existentes. Evidentemente es imposible hacer una aproximación de los lugares donde se harían esos sondeos dado que están en función de las anomalías geofísicas que se detecten.

#### 2.4.8. Recuperación de labores mineras antiguas

En el P.I. "Nuevo Linares" se está tramitando una rampa de investigación para acceder a las antiguas labores mineras. En su momento se valorará la conveniencia de reconocer las galerías de los filones de El Cobre y Matababras en el tramo correspondiente al P.I. solicitado.

Este tipo de trabajos estaría fuera de la investigación geológico-minera planteada, por lo que de llevarse a cabo sería para el tercer año de trabajos, dependiendo del ritmo de avance de la rampa de investigación del vecino P.I. "Nuevo Linares".

## 2.4.9. Análisis de muestras de la mineralización

Tanto los testigos obtenidos en los sondeos, como las muestras de roca de reconocimientos sobre el terreno y posibles calicatas, así como de frentes mineralizados en el caso de que se acceda a alguna labor subterránea, serán llevados a la nave/oficina de proyecto para su catalogación, manipulación y envío posterior a un laboratorio homologado para su análisis.

Las cajas con los testigos de sondeos serán colocadas y fotografiadas en primer lugar, para después proceder a la testificación, clasificación, muestreo, preparación de muestras y almacenamiento.

Sobre la totalidad del testigo recuperado se realizará un *logging* con el fin de obtener datos estructurales, estratigráficos, geotécnicos, etc. de la columna del sondeo. Los tramos detectados como mineralizados requerirán de una testificación más detallada y un replanteo de muestreo para proceder después, mediante corte en mesa de disco adiamantado, a la obtención de mitades o cuartos de testigo para análisis químicos

Se considera como adecuado el obtener muestras representativas de la mineralización en tramos de 0,5 m. Los testigos de cada tramo serán cortados longitudinalmente en 2 mitades, guardando una mitad en la caja de los testigos en la misma posición en la que estaba. Esta mitad quedará como prueba física de lo atravesado por el sondeo. La otra mitad será enviada al laboratorio de análisis. En el caso de haberse cortado en cuartos, un cuarto será el enviado al laboratorio, mientras que el otro será guardado para posteriormente ser utilizado para control como duplicado o para otro tipo de ensayos. Todo ello se hará siguiendo los estrictos estándares internacionales de aseguramiento y control de la calidad (QA/QC). Las muestras, asegurando la cadena de custodia, se enviarán a laboratorios certificados para realizar los ensayos químicos. El otro cuarto quedara a disposición para ensayos fisico-químicos, mineralógicos, o de cualquier otro tipo que se requiera. El proceso de este tipo de muestreo y los ensayos se describen en el Anexo IV.

Sobre los testigos de los tramos no mineralizados se tomarán muestras representativas de cada una de las litologías para ensayos de tipo geotécnico o de cualquier otro tipo que lo requiera. De esta forma se conocerán de forma adecuada las características geotécnicas del macizo rocoso, lo que será necesario en posteriores estudios de viabilidad de una hipotética explotación.

Los resultados obtenidos se utilizarán para, a partir del modelo geológico-minero, realizar un modelo 3D del cuerpo mineralizado y un modelo de bloques por leyes y otros parámetros, para poder calcular los recursos. Los programas a utilizar para esta labor serán los más utilizados del mercado: Deswik, DataMine, Vulcan, etc. completados por programas tipo GIS y CAD.

Las muestras de roca y de rozas se enviarán completamente al laboratorio para proceder a su trituración. Triturada y homogeneizada la muestra se cuarteará la porción necesaria para el análisis, siendo devuelta el resto de la muestra para su almacenamiento. De ella se harán cuarteos en la nave/oficina para duplicados/réplicas de control. El resto se mantendrá a disposición para cualquier otra necesidad que pudiera surgir.

## 2.5. EVOLUCIÓN DE LOS TRABAJOS PLANTEADOS

Un proyecto de investigación es un proyecto cuyo objetivo es la obtención de conocimiento desde una situación previa de desconocimiento. Por ello los trabajos planteados pueden variar en cuanto a tipología, alcance, metodología y ubicación física, tanto en sentido positivo (incremento de mediciones, nuevos trabajos) como en sentido negativo (disminución de mediciones, cancelación de trabajos). Cada ensayo, prueba y trabajo nos dará una información que nos condicionará los siguientes pasos a seguir en forma de nuevos/más trabajos, ensayos, etc. a realizar. De todos los cambios que se produzcan se dará debida información por escrito a la Administración Minera competente, aportando cuanta información sea necesaria para el completo conocimiento y control por parte de la administración.

No obstante en el presente proyecto hemos descrito los diferentes medios y tipos de trabajos a realizar con suficiente detalle para ser considerados en la tramitación en su posible ejecución, de forma que tras la aprobación del proyecto únicamente quedaría su concreción (en función del desarrollo de la investigación) en los correspondientes planes de labores y con su correspondiente aprobación por la Administración Minera tal y como establece en los artículos 44 y 59 de la Ley de Minas y los artículos 63 y 78 del Reglamento General para el Régimen de la Minería.

## 2.6. MEDIOS A EMPLEAR Y EQUIPO TÉCNICO

Dada la extensión de los trabajos, tanto en cuantía como en la cobertura de numerosas disciplinas, actividades y operaciones, KEROGEN ENERGY, S.L. se plantea la contratación de terceras empresas, expertas y líderes en su actividad, para la realización de diversas actividades. No obstante lo anterior, KEROGEN ENERGY, S.L. contará con un sólido equipo de profesionales en diversos campos tanto para el control y supervisión de las actividades contratadas como para la realización de muchas de las labores de investigación. A continuación se detallan los medios a utilizar en las diversas labores.

### 2.6.1. Medios propios.

Los medios propios de que constará KEROGEN ENERGY, S.L. se pueden dividir en medios materiales y humanos. Los medios materiales son:

- Aparataje y maquinaria para la manipulación de cajas y testigos, preparación, etiquetado, envasado de muestras, etc.
- Vehículos todo-terreno con capacidad de carga.
- Software minero (DataMine, Deswik), CAD, ArcGIS, etc.

El personal técnico propio de KEROGEN ENERGY, S.L. está compuesto por:

- Gonzalo Roberto Mayoral Fernández (Ingeniero de Minas) como Director de Proyecto, Director Facultativo y responsable de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- (Dr. en Geología) como Director de Geología.
- (Ingeniero de Minas) como Director Técnico y responsable de sondeos.
- (Geóloga) como geóloga de campo y gabinete, para el control y seguimiento de trabajos de campo, logging y preparación de muestras.
- (Geólogo) como consultor externo.
- 1 operario de campo.
- Personal de empresa administrativo y técnico (2 personas) para labores accesorias.

Los currículos del personal de KEROGEN ENERGY, S.L. se encuentran en el Anexo IV.

El trabajo a realizar por dicho personal son los trabajos de recopilación de información de todo tipo, diseño de campañas de sondeos, muestreos de roca así como de sondeos, toda la testificación de sondeos, supervisión de las labores de geofísica, supervisión de la perforación con recuperación de testigo, supervisión de análisis, definición de los yacimientos, elaboración de informes y estudios, así como llevar el control, supervisión y coordinación de contratistas.

### 2.6.2. Geofísica.

Dada la especialización requerida para la realización de los trabajos de geofísica, así como la necesidad de disponer de equipos adecuados y específicos, dichos trabajos se contratarán a una empresa exterior especialista en esta actividad.

En particular para los trabajos de geofísica que se plantean, se contará con el Grupo de Ingeniería Geológica del Área de Explotación de Minas de la Escuela Politécnica Superior de Linares, que ya ha realizado trabajos en la zona en el P.I. "Nuevo Linares" para Kerogen Energy.

<https://www.ujaen.es/departamentos/ingmec/sobre-el-departamento/area-de-explotacion-de-minas>

Otra empresa que también podría contratarse para la realización de trabajos de geofísica será International Geophysical Technology, S.L. (I.G.T.), que también ha

trabajado ya para Kerogen Energy en la zona en el P.I. "Nuevo Linares". <http://www.igt-geofisica.com/default.html>.

El personal de I.G.T. adscrito que se les solicitaría sería:

- Un Ingeniero de Minas como Director de la prospección geofísica.
- Un Ingeniero Geofísico como ingeniero consultor.
- 2 técnicos de campo.

Así mismo se informará cumplidamente de la contratación de la empresa para la aprobación por Delegación Territorial de Minas de Jaén.

Durante el periodo de desarrollo de la investigación del permiso de investigación, no se descarta la contratación de otras empresas similares en paralelo o en sustitución, en virtud de las condiciones técnicas y económicas del momento. En dicho supuesto, se informará debidamente a la Delegación Territorial de Minas de Jaén de dicha contratación y se le suministrará la información y documentación correspondiente.

### 2.6.3. Perforación de investigación.

Dada la especialización requerida para la realización de los trabajos de perforación en la investigación geológico-minera, así como la necesidad de disponer de maquinaria y equipos adecuados y específicos, dichos trabajos se contratarán a una empresa exterior especialista en esta actividad.

Cada equipo de perforación consta de 2 o 3 personas (perforista más uno o dos ayudantes) que trabajarán normalmente en 3 turnos al día. Se prevé en principio el uso de un solo equipo de perforación, por lo cual el número total de operarios será de 6 a 9 personas, más un encargado y, en su caso, un técnico a tiempo parcial, completando un total máximo de 11 personas. Todo el personal deberá tener la cualificación técnica necesaria para el desempeño de su labor.

Estos trabajos requieren del nombramiento de un Director Facultativo, que será personal cualificado de la propia empresa o, por defecto, el propio Director Facultativo del Permiso de Investigación. Así mismo se informará cumplidamente de la contratación de la empresa para la aprobación por la Delegación Territorial de Minas de Jaén.

En España actualmente sólo hay 5 empresas que dispongan de perforadoras capaces de realizar la perforación que se requiere. Estas empresas son:

- Sondeos y Perforaciones Industriales del Bierzo, S.L. (SPI).
- GEONOR, S.L.
- INSERSA.
- Igeotest.
- EDASU.

Todas ellas empresas de reconocido prestigio y trayectoria en el mundo de la minería.

No obstante, dado que INSERSA es socio principal de KEROGEN ENERGY y además ha realizado con éxito y profesionalidad las campañas de perforación llevadas a cabo en la zona, lo que añade experiencia y conocimiento del terreno a sus equipos, **se realizarán los trabajos preferentemente con esta compañía**. Sólo en caso de no disponibilidad de equipos se contrataría a otra de las empresas mencionadas.

#### 2.6.4. Ensayos de laboratorio.

Los ensayos químicos, mineralógicos, geotécnicos, etc. se contratarán a laboratorios externos.

Los laboratorios elegidos son:

- ALS-Global para los ensayos químicos. Es una empresa multinacional especialista en este tipo de trabajos y con un laboratorio en Sevilla. Más información sobre la empresa en ([www.alsglobal.com.laboratorio](http://www.alsglobal.com.laboratorio)).
- SGS como laboratorio de contraste. También con delegación en España, tiene acreditada solvencia internacional. ([www.sgs.es/es-es/](http://www.sgs.es/es-es/)).
- AGQ para los ensayos físicos y mineralógicos. Es una empresa especialista en caracterizaciones metalúrgicas de amplio prestigio y con instalaciones en Sevilla. Más información sobre la empresa en ([www.agq.com.es/](http://www.agq.com.es/)).
- Escuela Politécnica Superior de Linares. Dispone de un laboratorio mineralúrgico apto para pruebas de molienda, cribado y concentración gravimétrica, así como para la preparación de muestras para enviar a otros laboratorios.
- CSR Laboratorio. Laboratorio ubicado en Úbeda con amplia experiencia en análisis de aguas.

No se descarta la colaboración con otros laboratorios privados, de centros de investigación y universidades como pueden ser:

- SRC (Saskatoon, Canadá).
- OMAC & Alex Stewart (Irlanda).
- Wardell-Armstrong (Reino Unido).
- Laboratorios del Instituto Geológico Minero de España.
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo.
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Las instalaciones de estos laboratorios se encuentran en áreas fuera de la zona del permiso de investigación y, por tanto, no entran dentro de la competencia de la Administración Minera competente. Su personal tampoco trabajará en el perímetro del permiso de investigación, por lo que no ha lugar a petición de autorización de la contratación o control de su personal.

## 2.6.5. Modelización del yacimiento y consultoría/asesoría.

La modelización del yacimiento así como la consultoría y asesoría geológico-minera, se llevará a cabo por empresas externas:

- GEOTREX, S.L., empresa de investigación y modelización geológico-minera se subcontratará para el análisis y proceso de la información obtenida (sondeos, muestras, laboratorio, etc.) y la elaboración de un modelo 3D del yacimiento con dicha información, incluyendo la estimación de recursos y reservas. Es una empresa que cuenta con personal de larga trayectoria y experiencia en el sector. Dicha empresa trabaja en conjunto con el personal de KEROGEN ENERGY, S.L. adscrito al proyecto.
- GESSAL, compañía consultora especializada en estudios geológicos y geofísicos del subsuelo que cuenta con un grupo de profesionales especialistas en geología del subsuelo y una trayectoria de más de 25 años en el sector de la consultoría geológica en especial con la investigación aplicada sobre la infraestructura Geológica del Subsuelo. Entre sus capacidades está el procesado de datos geofísicos, adquisición sísmica, ingeniería de yacimientos, etc.
- Consultores Independientes en Gestión de Recursos Naturales, S.A. (CRN) es empresa formada por un grupo de profesionales de amplia experiencia para prestar un servicio independiente de hidrogeología, así como de ingeniería y consultoría en los campos relacionados con el cálculo de recursos y reservas según los códigos internacionales JORC y 43-101.
- CRS Ingeniería (CRS) es una empresa con amplia experiencia de trabajo, especializada en el estudio y gestión de los recursos del subsuelo y abarca todo el ciclo de vida del proyecto, desde la exploración hasta la clausura de minas, incluyendo valoración de activos mineros, planificación estratégica, proyectos de explotación a cielo abierto y en subterráneo, proyectos de restauración y direcciones de obra.
- Agapito Associates, Inc., empresa norteamericana de amplia experiencia en la consultoría e ingeniería geológico-minera que no sólo actúa como consultora sino también como auditora dentro del marco de los códigos internacionales JORC y 43-101.
- SRK Consulting es un grupo de consultoría internacional independiente que brinda asesoramiento y soluciones enfocadas a la industria minera y de recursos hídricos. Ofreciendo servicios desde la exploración hasta el cierre de minas. También como auditora dentro del marco de los códigos internacionales JORC y 43-101.
- CSA Global es una consultoría internacional independiente experta en todo lo relacionado con minería, con más de 7.500 proyectos realizados en 130 países en 12 idiomas. Cubre todos los aspectos de la minería desde la asesoría corporativa a la exploración, investigación, diseño, operación y clausura.

También como auditora dentro del marco de los códigos internacionales JORC, SAMREC y NI 43-101.

Todas ellas disponen de personal altamente cualificado con amplia experiencia y de las herramientas informáticas, de cálculo y modelización más avanzadas del mercado, incluyendo algunas desarrolladas en el seno de las propias empresas.

Las instalaciones de estas empresas se encuentran en áreas fuera de la zona del permiso de investigación y por tanto no entran dentro de la competencia de la Administración Minera competente. Su personal tampoco trabajará en el perímetro del permiso de investigación, por lo que no ha lugar a petición de autorización de la contratación o control de su personal. Excepción son las posibles visitas técnicas que realicen al área del permiso, en cuyo caso se adoptarán las medidas de seguridad y salud adecuadas al personal de visita.

### 3. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

Como se ha señalado a lo largo del presente documento, el P.I. “La Última” se encuentra en el interior del P.I. “Nuevo Linares” del que originalmente se pretendía formase parte. Por ello la investigación de este permiso está íntima e indisolublemente ligada al plan general de investigación del P.I. “Nuevo Linares”, por lo que el programa de investigación quedará supeditado al programa de investigación del P.I. “Nuevo Linares” y sus modificaciones a lo largo del Plan de Labores.

No obstante planteamos aquí un cronograma lógico e independiente, teniendo en cuenta que se adaptará al plan general de “Nuevo Linares”.

#### 3.1. DESARROLLO Y LÓGICA DE LAS LABORES DE INVESTIGACIÓN

El permiso de investigación se solicita para tres años durante los cuales se deberán llevar a cabo las acciones descritas en el presente proyecto así como aquellas nuevas operaciones o trabajos que surgiesen en consecuencia de los datos y resultados de las investigaciones llevadas a cabo. Como ya se ha comentado, es difícil hacer una previsión exacta de los trabajos a realizar con sus características específicas. A parte del progreso en el espacio de los trabajos de campo, está la secuenciación del trabajo científico propiamente dicho en sus distintas etapas lógicas, dada dicha secuencia por la necesidad de tener una información para tomar decisiones y plantear el siguiente paso en el

estudio. Así la lógica investigadora científica (que hemos esbozado en apartados anteriores) nos dice que:

- 1) Se ha de empezar por una labor de gabinete, de recopilación de información existente y estudio de la misma y en función de ella plantear el conocimiento existente y el conocimiento a adquirir y decidir con qué métodos.
- 2) Un segundo paso sería el reconocimiento de campo haciendo especial hincapié en las labores mineras antiguas. Igualmente se aplicarán técnicas de investigación en la superficie capaces de detectar la presencia de cuerpos mineralizados, como las campañas de geofísica.
- 3) Dado que la geofísica es un método indirecto, se necesita de la adquisición de un conocimiento más seguro, para lo cual se efectúan sondeos con extracción de testigo. La ubicación de los sondeos se decide en función del resultado de los pasos anteriores. Solo en los casos que se pretenda reconocer la extensión de una estructura mineraliza ya conocida, el condicionante de la ubicación del sondeo serán las labores mineras antiguas y se podrá dar una idea aproximada de la ubicación del sondeo.
- 4) Se analizan las muestras obtenidas y en función de los resultados de dichos análisis y de toda la información anteriormente recopilada, se plantean nuevos trabajos en la zona o se da por concluida la investigación.

Esta lógica contrasta gravemente con el establecimiento *a priori* de los lugares exactos donde situar perfiles geofísicos y sondeos. Si la ubicación de sondeos necesita de la previa geofísica y ésta del previo análisis de la información existente, y todo esto no se ha realizado por no tener, precisamente, un Permiso de Investigación; presentar en el presente proyecto de investigación dichas exactas ubicaciones tiene un alto riesgo de no corresponder con una zona de interés en la investigación, así como en otras zonas donde se revele la necesidad de realizar estos trabajos, no estén recogidas ubicaciones para los mismos en el proyecto de investigación.

Si a todo ello se le suman impedimentos técnicos para la realización física de los trabajos como puede ser una topografía inadecuada, una imposibilidad de acceso, u otros condicionantes del medio que sólo se mostrarán en el momento de visitar los emplazamientos, es fácil comprender la dificultad de una planificación exacta y *a priori* de los sondeos. Solo hay una cierta certidumbre con el primer sondeo de la campaña planteada a partir de las labores mineras antiguas. No obstante, conviene recalcar que las coordenadas mostradas en la Tabla 3 son aproximadas y que la ubicación definitiva podrá cambiar en función de las condiciones del terreno y del correcto y detallado análisis de la información minera existente.

Este aparente problema, que ha dado lugar a numerosas discusiones en ámbitos ajenos a la actividad minera pero con influencia en su gestión, no lo es tal en la propia legislación minera cuya intención es fomentar la investigación en conformidad con la necesidad reglada de poner de manifiesto y definir nuevos Recursos Mineros, en coherencia con los artículos 63 y 78 del Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el régimen de la minería:

*Art.63.- El permiso de investigación concede a su titular el derecho a realizar dentro del perímetro demarcado y durante el plazo de vigencia del mismo los estudios y trabajos encaminados a poner de manifiesto y definir uno o varios recursos de la Sección C)[...] y a que, una vez definidos por la investigación realizada y demostrado que son susceptibles de racional aprovechamiento, se le otorgue la correspondiente concesión de explotación de los mismos.*

*Art.78.- El titular de un permiso de investigación podrá realizar en el terreno que éste comprenda cuantas labores, debidamente autorizadas, se precisen para el mejor conocimiento de los posibles recursos [...].*

Estos dos artículos dicen claramente que el titular del derecho podrá realizar cuantos estudios, trabajos y labores crea conveniente para el conocimiento y la definición del recurso, eso sí, informando a la Administración para su autorización.

Por otro lado, en el artículo 66 del Real Decreto 2857/1978 se establece que se deberá aportar, entre otra documentación, el *Proyecto de Investigación* (tal cual es el caso presente) que [...] *constará de una Memoria explicativa del plan general de investigación que se prevé realizar, indicando el mineral o minerales a que se refiere; procedimiento y medios a emplear, especificando el equipo técnico de que dispone el solicitante [...]; programa de investigación, presupuesto de las inversiones a efectuar, plazo de ejecución y planos de situación del permiso y de las labores que se proyectan.*

Como bien se lee se habla de plan general sin entrar a solicitar el detalle de la misma, medios y equipos técnicos para conocer si dispone de la capacidad y plano de las labores que se refiere a la descripción de las mismas. En ningún momento habla de la descripción exacta y ubicación de las mismas, cosa que se revela casi imposible a priori.

No obstante todo lo anteriormente expuesto, sí es cierto que en vista de los conocimientos disponibles del personal de KEROGEN ENERGY, S.L. en la zona, se está en condiciones de determinar en el presente proyecto los trabajos que se consideran más adecuados y sus ubicaciones justificadas al presente momento, pero que se ha de ser consciente de su posible variación en función del progreso de la investigación y de los datos que se vayan de ella obteniendo.

La conjugación entre esta variabilidad de los trabajos con el proceso de información y autorización de la Administración Minera se consigue mediante dos medios:

- a) El presente Proyecto de Investigación, donde se describen las actividades a realizar, su operativa y su magnitud, de forma que la Administración Minera tiene criterios para su autorización en cualquier ubicación dentro de la superficie del permiso o en su caso poner las restricciones o condicionantes que considere.
- b) El Plan de Labores inicial y sucesivos anuales, tal como describe el artículo 75 punto 2 y punto 3 del Real Decreto 2857/1978 que incluyen *“informe completo de los estudios, reconocimientos y demás trabajos efectuados durante el año anterior y el plan de inversión para el año siguiente [...]”*.

Obviamente todo cambio respecto a esta planificación se plasmará en los Planes de Labores Anuales así como en los anexos que correspondan y en comunicaciones e informes a la Sección de Minas de Jaén.

### 3.2. TRABAJOS A REALIZAR DURANTE EL PRIMER AÑO

Durante el primer año se prevé realizar:

- Localización, recopilación y reinterpretación de la información proveniente de los trabajos desarrollados por empresas y administraciones públicas y de los resultados de los trabajos llevados a cabo por Kerogen Energy en el vecino P.I. “Nuevo Linares”.
- Digitalización de la nueva información cartográfica, de datos de sondeos, información de campañas geofísicas y geoquímicas que hubieran sido realizadas anteriormente y que se localicen actualmente.
- Breve reconocimiento de campo de ratificación del mapa geológico/minero detallado a escala 1:10.000 realizado ya para la zona.
- Análisis de roca de afloramientos y de mineralización reconocida en restos de labores mineras.
- Integración de la información recopilada y la generada en ese primer año en un GIS. Estimación de potencial minero y generación de objetivos a investigar.

### 3.3. TRABAJOS A REALIZAR DURANTE EL SEGUNDO AÑO.

Si los resultados del año anterior lo justificasen, se procedería a la realización de los siguientes trabajos:

- Realización del sondeo con recuperación de testigo planteado.
- Análisis de roca de testigos de sondeo y de afloramientos y mineralización reconocida en restos de labores mineras.
- Realización de la geofísica eléctrica de superficie.

- Integración de la información generada en el SIG, actualización del modelo 3D realizado para el P.I. y primera estimación de recursos de mineral.

### 3.4. TRABAJOS A REALIZAR DURANTE EL 3º AÑO

Finalmente se procedería a la realización en este tercer año, y en virtud de los resultados del segundo año e información conseguida hasta el momento, a la realización de los siguientes trabajos:

- Ejecución de sondeos con recuperación de testigo sobre anomalías geofísicas. Se estima la posibilidad de realizar del orden de 1 nuevo sondeo.
- Análisis de roca de testigos de sondeos.
- Recuperación de algunas labores mineras antiguas de interés para la investigación geológico-minera, desde la rampa de investigación del vecino P.I. "Nuevo Linares", en función del avance de esta actividad.
- Integración de la información generada en el SIG, modelización final y análisis de recursos minerales del P.I. Estimación final de los recursos de mineral y potencial minero real del P.I. Esta actividad será conjunta con el vecino P.I. "Nuevo Linares".

### 3.5. PRÓRROGA DEL PERMISO DE INVESTIGACIÓN

Aunque en el caso del P.I. La Última se parte de una base de conocimiento importante por los trabajos realizados en el P.I. Nuevo Linares, pueden ocurrir imprevistos tales como inclemencias meteorológicas, averías de los equipos de sondeos, tiempos de obtención de autorizaciones administrativas locales y/o privadas de ocupación de terrenos, etc. Por ello, en caso de alargarse los trabajos de investigación o crecer la complejidad de esta de forma que fuese necesario un mayor tiempo para completar la investigación, no se descarta la posibilidad de solicitar prórroga del permiso de investigación. También se solicitará en el caso de completar la investigación y, siendo esta positiva, se necesite de más tiempo para realizar la evaluación técnico-económica de una futura explotación minera.

### 3.6. CRONOGRAMA DE BARRAS DE LAS ACTIVIDADES PROYECTADAS.

Como se ha comentado, las actividades del presente permiso se harán conjuntamente con las del P.I. "Nuevo Linares", a cuyo plan de investigación se supeditan. No obstante se plantea aquí un desarrollo lógico que se deberá adaptar al plan de investigación general de Kerogen Energy.

### 3.6.1. Primer año de permiso

ACTIVIDAD	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Localización, recopilación y reinterpretación de la información proveniente de los trabajos desarrollados por empresas y administraciones públicas	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		
Digitalización de la información cartográfica y de campañas de investigación realizadas anteriormente.								█	█			
Reconocimiento de campo.							█					
Análisis de roca de afloramientos y de mineralización.								█				
Integración de la información generada en un GIS. Estimación de potencial minero y generación de objetivos a investigar.											█	█

### 3.6.2. Segundo año de permiso.

ACTIVIDAD	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Realización del sondeo de recuperación de testigo.				█								
Análisis de roca de testigos de sondeos y de afloramientos y mineralización					█							
Realización de la geofísica eléctrica de superficie.							█					
Integración de la información generada en el SIG, actualización del modelo 3D del P.I. y primera estimación de recursos de mineral.						█		█				
Coordinación con actividades de investigación del vecino P.I. "Nuevo Linares".	█	█	█						█	█	█	█

### 3.6.3. Tercer año de permiso

ACTIVIDAD	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Reconocimiento de anomalías de geofísica eléctrica.	█	█										
Ejecución de sondeos con recuperación de testigo sobre anomalías geofísicas.			█									



Reconocimiento de campo, realizado por el personal propio de KESL (geólogo senior y geólogo junior) en jornadas de 8 h, incluido todoterreno y gastos indirectos.	Día	5,00	1.117,50	5.587,50
Análisis de roca de afloramientos y de mineralización en laboratorio externo.	Ud.	20,00	45,00	900,00
Integración de la información generada en un GIS. Estimación de potencial minero y generación de objetivos a investigar.	P.A.	1,00	3.000,00	3.000,00
Gastos generales e indirectos.	%	14.987,50	5,00	749,38
<b>TOTAL INVERSIÓN AÑO 1:</b>				<b>15.736,88</b>

#### 4.2. PRESUPUESTO SEGUNDO AÑO.

Concepto	Ud	Cantidad	P.U. (€/ud)	TOTAL
Dirección Facultativa	P.A.	1,00	1.000,00	1.000,00
Realización del sondeo de recuperación de testigo.	m	400,00	125,00	50.000,00
Análisis de roca de testigos de sondeo y de afloramientos y mineralización	Ud.	10,00	50,00	500,00
Realización de la geofísica eléctrica de superficie.	P.A.	1,00	3.500,00	3.500,00
Integración de la información generada en el SIG, actualización del modelo 3D del P.I. y primera estimación de recursos de mineral.	Ud.	1,00	3.000,00	3.000,00
Restauración de emplazamiento de sondeo.	P.A.	1,00	1.485,00	1.485,00
Gastos generales e indirectos.	%	58.000,00	5,00	2.900,00
<b>TOTAL INVERSIÓN AÑO 2:</b>				<b>59.485,00</b>

#### 4.3. PRESUPUESTO TERCER AÑO.

Concepto	Ud	Cantidad	P.U. (€/ud)	TOTAL
Dirección Facultativa	P.A.	1,00	500,00	500,00
Reconocimiento de anomalías de geofísica eléctrica.	P.A.	1,00	1.000,00	1.000,00
Ejecución de sondeos con recuperación de testigo sobre anomalías geofísicas.	m	250,00	125,00	31.250,00
Análisis de roca de testigos de sondeos de investigación.	Ud.	5,00	50,00	250,00
Integración de la información generada en el SIG, actualización del	P.A.	1,00	3.000,00	3.000,00

modelo 3D del P.I. y primera estimación de recursos de mineral.				
Restauración de emplazamiento de sondeos.	Ud.	1,00	1.485,00	1.485,00
Gastos generales e indirectos.	%	36.000,00	5,00	1.800,00
<b>TOTAL INVERSIÓN AÑO 3:</b>				<b>39.285,00</b>

#### 4.4. INVERSIÓN TOTAL PREVISTA.

Las inversiones a realizar en el Permiso de Investigación “LA ÚLTIMA” por KEROGEN ENERGY, S.L., ascienden a:

Presupuesto previsto año 1º.....	15.736,88 €
Presupuesto previsto año 2º.....	59.485,00 €
Presupuesto previsto año 3º.....	39.285,00 €
<b>TOTAL INVERSION.....</b>	<b>114.506,88 €</b>

El presente presupuesto asciende a la cantidad de **CIENTO CATORCE MIL QUINIENTOS SEIS EUROS CON OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS DE EURO.**

El presupuesto por cuadrícula minera es de 57.253,44 €.

En Guarromán a 12 de Febrero de 2024

Fdo.: Gonzalo Roberto Mayoral Fernández

Ingeniero de Minas

Col. nº                    en el Colegio Oficial de Ingenieros de Minas del Nordeste de España

## ANEXO I - LEGISLACIÓN APLICABLE

La Legislación que es de obligada aplicación y otra consultada para la elaboración del Proyecto de Investigación es la siguiente:

- Ley 22/1973 de 21 de julio, de Minas, modificada por la Ley 54/1980, de 5 de noviembre, de modificación de la Ley de Minas, con especial atención a los recursos minerales energéticos (BOE nº 280, de 21/11/1980).
- Real Decreto 2857/1978 de 25 de agosto por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.
- Real Decreto 863/1985 de 2 de abril (BOE 12.06.85), por el que se aprueba el Reglamento General de Normas básicas de Seguridad Minera, y sucesivas Órdenes Ministeriales por las que se aprueban diversas instrucciones Técnicas Complementarias que desarrollan el anterior Reglamento.
- Real Decreto 150/1996 por el que se modifica el artículo 109 del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- Real Decreto 1389/1997, de 5 de Septiembre por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y salud de los trabajadores en las actividades mineras. (BOE 07/10/1997)
- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 39/1997 que aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 171/2004 sobre coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 975/2009, de 12 de Junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras. (BOE 143, 13/06/2009).
- Real Decreto 777/2012, de 4 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por las actividades mineras.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de Marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. (BOE nº 60 de 11/3/2006).
- Orden ITC/101/2006, de 23 de enero por la que se regula el contenido mínimo y estructura del documento sobre seguridad y salud para la industria extractiva (BOE nº 25 de 30/1/2006).
- Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas (BOE nº 265 de 5/11/2005).
- Real Decreto 3255/1983, de 21 de diciembre por el que se aprueba el Estatuto del Minero (BOE nº 3 de 4/1/1984).
- Real Decreto 1167/1978, por el que se desarrolla el título III, capítulo II, de la Ley 6/1977, de 4 de enero, de Fomento de la Minería (BOE nº 133 de 5/6/1978).
- Real Decreto 1481/2001 para el Desarrollo Técnico relativo a las instalaciones de vertido de residuos.

- Orden 5282/2002, de 25 de julio de la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, sobre avales para responder de la restauración del espacio natural de explotaciones mineras y depósitos de lodos, así como los relativos a pólizas de seguro para los depósitos de lodos.
- Ley 26/2007, de 23 de octubre de Responsabilidad Medioambiental.
- Real Decreto 2090/2008, de 22 diciembre por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- Ley 34/2007 de 15 de noviembre de la calidad del aire y protección de la atmósfera.
- Ley orgánica 16/2007, de 13 de diciembre, complementaria de la Ley para el desarrollo sostenible del medio rural.
- Ley 16/2002, de 1 de julio para la prevención y control integrados de la contaminación (Ley IPPC).
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Ley 5/2013, de 11 de junio que modifica la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, sobre "Operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos".
- Orden AAA/661/2013, de 18 de abril, que modifica los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Decreto 369/2010, de 7 de septiembre, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Minerales de Andalucía (PORMIAN 2010-2013).
- Acuerdo de 2 de noviembre de 2005, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba la formulación del Plan de Ordenación de los Recursos Minerales de Andalucía.
- Ley 7/2007, de 9 de julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- DECRETO 5/2012, de 17 de enero, por el que se regula la autorización ambiental integrada y se modifica el Decreto 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la autorización ambiental unificada.
- Decreto 297/1995, de 19 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Calificación Ambiental.

La legislación se consulta directamente en la página web del BOE o del BOJA, de forma que se asegure que es la última versión de la misma (texto consolidado).

## ANEXO II – DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS GEOFÍSICOS

Los métodos geofísicos que pueden plantearse en la presente investigación son los siguientes:

### 1. Tomografía eléctrica

La tomografía eléctrica se planea como la herramienta geofísica más apropiada para la investigación de estructuras metalizadas en cuerpos tabulares estrechos en posición verticalizada. Es una técnica sencilla pero muy útil, consistente en la medida de la respuesta del terreno a una serie de estimulaciones eléctricas. Hay diversos diseños de dispositivo, considerándose como el más apropiado el de tipo polo-dipolo (ver figura) tramificado en función de la profundidad a investigar. Con esta tramificación se pretende conseguir la máxima resolución posible para cada rango de profundidad tomando como límite del orden 200 m. La resolución disminuirá al incrementar la profundidad de investigación. Este alcance se considera suficiente para detectar posibles filones desde superficie, dado que los filones de Linares aparecen con mineralización desde las partes más apicales.

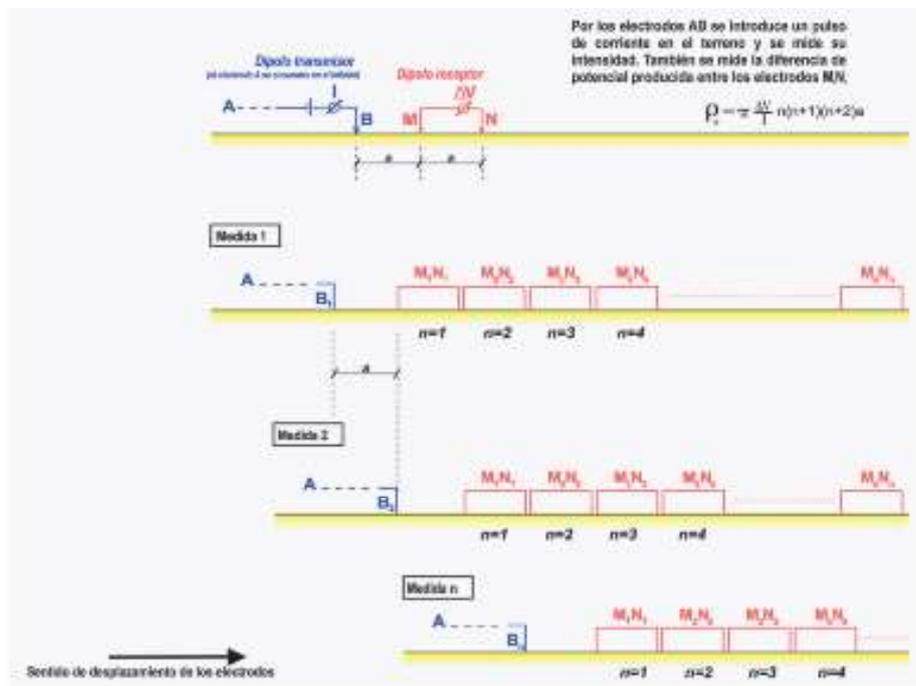


Figura 11. Dispositivo tipo Polo-Dipolo empleado para las medidas de resistividad aparente del terreno.

El empleo de dispositivos focalizados como el polo-dipolo con un elevado número de niveles de registro ( $n > 10$ ), requiere el empleo de un transmisor potente alimentado por un motor-generador.

El equipo utilizado para las medidas de la resistividad aparente del terreno en esta fase de estudio, está compuesto por los siguientes elementos:

- Transmisor modelo VIP-3000 (s/n 14-9421) de la marca Iris Instruments. Este transmisor opera mediante pulsos de corriente que alternan su polaridad cada 2 segundos. La corriente se estabiliza automáticamente en cada pulso con un rango de variación máximo de  $\pm 5\%$ .
- Receptor modelo ELREC-10 (s/n 116) del mismo fabricante. Se trata de un receptor del tipo multidipolo controlado por un microprocesador que realiza un análisis estadístico de las múltiples repeticiones de las medidas efectuadas para cada dipolo. Este análisis permite evaluar la calidad de los datos durante las operaciones de campo.
- Cables especiales multiconductor con salidas múltiples, controlado por un interruptor del tipo roll-along.

Esta técnica se considera de utilidad para todo el P.I. aunque hay zonas minadas donde su respuesta va a estar condicionada por la existencia de huecos de explotación, seguramente rellenos de agua, (zonas 2 y 4) hasta profundidades de 100 – 150 m. Para la investigación de estas zonas se aplicaran de forma complementaria otras técnicas que permitan discriminar las anomalías conductoras debidas a agua de las producidas por una mineralización metálica.

Otra zona donde la aplicación de la tomografía eléctrica se verá limitada es la correspondiente a la fosa de Bailén en la parte más occidental del al zona 1. Allí la cobertera sedimentaria supera el centenar de metros de espesor y los filones metalizados aparecen, por tanto, a una profundidad ya considerable.

## 2. Método de polarización inducida

El método de polarización inducida tiene su fundamento en la capacidad de carga eléctrica que tienen las rocas, siendo diferente en cada uno de los distintos materiales geológicos, destacando aquellos cuerpos que contienen minerales metálicos. En este caso, tras una corriente eléctrica de alto voltaje en el terreno y al cesar su emisión, se analiza cómo queda cargado el terreno, y cómo se produce el proceso de descarga eléctrica.

El método más simple de polarización inducida utiliza dispositivos semejantes a la tomografía, existiendo equipos capacitados para medir a partir del mismo dispositivo tanto las conductividades, como también las cargabilidades. Se propone por tanto la realización de ambas técnicas de forma simultánea y contrastar los resultados para poder seleccionar las anomalías que sean coincidentes.

### 3. Método de Sondeos Electromagnéticos de Dominio de Tiempos (SEDT).

Consiste en determinar en modo 1D la distribución de la resistividad eléctrica del terreno en función de la profundidad. Al correlacionar los resultados de todos los SEDT situados en un mismo perfil, se obtiene una sección geoelectrica fácilmente interpretable en términos geológicos por su similitud con las secciones geológicas. Este método permite alcanzar una profundidad de investigación del orden de los 1.000 m y su eficacia depende lógicamente de que exista suficiente contraste de resistividad entre los diferentes niveles del subsuelo. En nuestro caso, esta técnica será útil para determinar la posición del sustrato bajo la cobertera sedimentaria de la fosa de Bailén, así como determinar el contacto entre granito y pizarras encajantes en la zona 1. Igualmente es de esperar que los cuerpos mineralizados muestren rupturas en la continuidad de las unidades geológicas por su diferente comportamiento geoelectrico.

Con el objetivo de alcanzar una profundidad de investigación del orden de 250 a 500 m para tratar de determinar, la base de la cuenca sedimentaria y el contacto entre granito y pizarras carboníferas, proponemos realizar esta fase de las medidas según las siguientes especificaciones:

- Medidas en la modalidad "central-loop" situando la bobina receptora en el centro del bucle transmisor.
- Sincronismo entre transmisor y receptor mediante cable de referencia.
- Tamaño del bucle transmisor 400x400 m. No obstante, al inicio de los trabajos se ensayarán bucles de menor tamaño por su mayor fiabilidad en las operaciones de campo.
- En cada punto de medida se harán tres registros independientes a lo largo de 20 ventanas de tiempo cada uno, para frecuencias de 25 Hz (HI), 6,25 Hz (MD) y 2,5 Hz (LI) de los pulsos de corriente en el bucle transmisor.

En virtud del desarrollo de los trabajos, podremos variar el tamaño del loop para ir a mayor profundidad si fuese necesario.

Consideramos que un espaciado razonable entre los SEDT a lo largo del perfil para esta fase del estudio puede ser entre 300 y 400 m. Su distribución final sobre el terreno habrá

de determinarse en función de los obstáculos y limitaciones que puedan encontrarse para el tendido de los cables transmisores.

Los resultados de esa fase del estudio se presentarán en forma de modelos 1D (resistividad-profundidad) para cada punto de medida y en forma de secciones de resistividad, una para cada perfil.

#### 4. Método magneto-telúrico.

Este método es indicado para las mismas finalidades del SEDT pero permite alcanzar profundidades mayores y una mejor definición de estructuras delgadas pero con gran continuidad. Como inconveniente presenta la alta sensibilidad a corrientes eléctricas antrópicas, como vallados metálicos, tendidos eléctricos, los cuales pueden limitar su uso en muchos sectores del P.I.

El método magneto-telúrico pertenece al grupo de los métodos geofísicos electromagnéticos en el dominio de frecuencias (Se mide a distintas frecuencias ya que dependiendo de la frecuencia medida la información recibida corresponde a diferente profundidad). La técnica de medidas es pasiva, lo que quiere decir que no se necesita ningún transmisor de corriente, ya que se usa el ruido aleatorio natural como fuente de señal, por lo que no se requieren electrodos de alto-voltaje y la logística de campo es relativamente sencilla.

Las fuentes en una campaña MT son corrientes eléctricas de la tierra que producen señales magneto-telúricas, la mayoría de estas señales son controladas por la actividad natural electromagnética sobre la superficie de la tierra. Las condiciones atmosféricas estacionales también crean señales electromagnéticas alrededor de la tierra. También son importantes las señales EM asociadas a la interacción entre la magnetosfera y los vientos solares. De ahí las interferencias causadas por las actuaciones antrópicas.

El objetivo de cualquier método electromagnético es conseguir información de resistividad de los distintos materiales a cada profundidad determinada para después, mediante la interpretación, intentar asignar las variaciones de resistividad a variaciones litológicas. En el caso del método magneto-telúrico (MT) la profundidad de investigación depende de la mínima frecuencia utilizada y la resistividad del medio, por lo tanto cuanto más profundo se quiera bajar más baja será la mínima frecuencia utilizada. Por experiencia, las muy altas frecuencias suelen ser muy ruidosas, en caso de que sea así se propone la utilización de las antenas ANT4, que pueden medir desde frecuencias mucho más bajas hasta 1024Hz. Se prevé el empleo de dipolos de 100 m para las medidas de campo.

En MT se puede medir en modo sscalar (solo una componente de cada uno de los campos), vectorial (más de una componente de uno de los campos) o tensorial (las dos componentes horizontales del campo eléctrico y las dos o tres componentes del campo magnético, las dos horizontales y la vertical al mismo tiempo). Un estudio en el que la geología sea sencilla pero haya una fracturación repetitiva, se requerirá la toma de datos tensoriales.

La configuración de campo en modo tensorial, esto quiere decir que se medirán dos componentes del campo eléctrico ( $E_x$  y  $E_y$ ) y dos componentes del campo magnético ( $H_y$  y  $H_x$ ) al mismo tiempo, lo que ayudará al modelado en dos dimensiones de los datos de campo. Midiendo las dos componentes horizontales de ambos campos, lo que se consigue es medir de forma paralela y transversal a las directrices principales de las estructuras, aportando mucha más información sobre la direccionalidad de ellas.

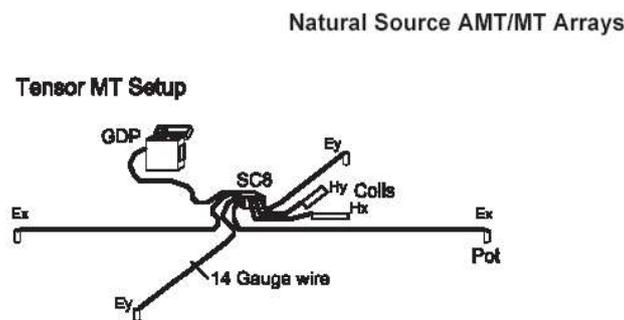


Figura 12. Configuración de campo de MT en forma tensorial.

La configuración de campo que se elija dependerá principalmente de los niveles de ruido de la zona de trabajo, proponiendo las tres siguientes:

- 1) Si la zona tiene muy poco ruido, la campaña se puede plantear tomando medidas independientes en forma tensorial.
- 2) Cuando la zona tiene ruido cultural, pero no mucho, se medirán datos tensoriales con Referencia Remota. Esto quiere decir que se medirán dos estaciones al mismo tiempo y cada una se utilizará como referencia de la otra para tratar de aislar y rechazar el máximo ruido posible.
- 3) Si la zona tiene mucho ruido, lo lógico es elegir una estación de Referencia Remota, lejos de las fuentes de ruido y utilizar esta para limpiar los datos dentro de la zona de estudio. Por supuesto los datos se medirán en forma tensorial.

Los datos de volcado del receptor son la resistividad de Cagniard y los valores de impedancia (calculados a partir de las componentes horizontales del campo eléctrico y magnético), que se presentan como imágenes de contornos en pseudosecciones

dependientes de la frecuencia por estación en el eje horizontal. Las frecuencias más bajas están relacionadas con mayores profundidades en el eje vertical.

Los valores escalares de la resistividad aparente son el resultado del post-procesado del receptor de las series de datos de MT. Es durante este post-procesado cuando se retiran los datos con mucho ruido o valores con relaciones no coherentes entre el campo eléctrico y magnético.

El procesado de los datos MT es un proceso que lleva los siguientes pasos:

La Resistividad de Cagnirad y la impedancia son calculadas en el receptor respecto a los campos eléctricos y magnéticos medidos en campo:

- 1) La resistividad de Cagnirad ( $RhoC$ ) es la resistividad aparente, por frecuencia y su cálculo se hace a partir de los datos brutos del campo eléctrico y magnético.
- 2) Mediante la diferencia entre las distintas componentes de los campos E y H se calcula la impedancia de Fase (I).

Ambos valores  $Rho$  e  $I$  son usados en los programas suavizado de inversión en 1 y 2 dimensiones de Zonge para calcular (modelar) los valores de resistividad asociados a cambios geológicos respecto a la profundidad.

El receptor puede exportar directamente la resistividad de Cagniard y la impedancia por bloques a los que se ha aplicado un análisis estadístico y tomada la media de todas las medidas desde el receptor o exportar todas las series de datos y mediante un post-procesado fuera del receptor analizar los datos según la relación señal/ruido y establecer como criterio de aceptación de los datos la coherencia entre la relación del campo eléctrico y magnético. Se utilizará la segunda opción ya que se obtienen datos más precisos.

El MT mide series de tiempo como datos brutos, que mediante el “método de decimación por cascada” (Wight y Bostick, 1980) transforman estas series de tiempos al dominio de frecuencias.

El “procesado robusto” (Chave y Thompson, 1989) es un procedimiento complicado basado en un proceso iterativo. La coherencia entre los campos eléctrico y magnético evita el ruido coherente que provocan las fuentes que actúan como transmisores de campo cercano. El resultado de este proceso nos lleva a valores útiles para realizar las pseudos-secciones de resistividad e impedancia.

Con estos datos se pasa a los modelos de inversión en una y dos dimensiones de Zonge de los datos de MT que, usando como entrada de datos la resistividad de Cagnirad y la impedancia, proporcionarán imágenes de la resistividad con la profundidad. En el caso de dos dimensiones se puede introducir la topografía de los perfiles medidos, corrigiendo los efectos que ésta tiene en los datos medidos en campo, obteniéndose así

información de la contribución lateral de las estructuras de la zona de estudio (perpendiculares a la dirección de los perfiles de medidas).

Midiendo en modo tensorial se combinan los modos TM y TE (TM resulta de medir el campo eléctrico perpendicular a la geología y TE resulta de medir el campo eléctrico paralelo a la geología), por lo que los modelos en dos dimensiones realmente tienen en cuenta cambios perpendiculares y paralelos a la geología, siendo un caso claro de los primeros los posibles filones mineralizados.

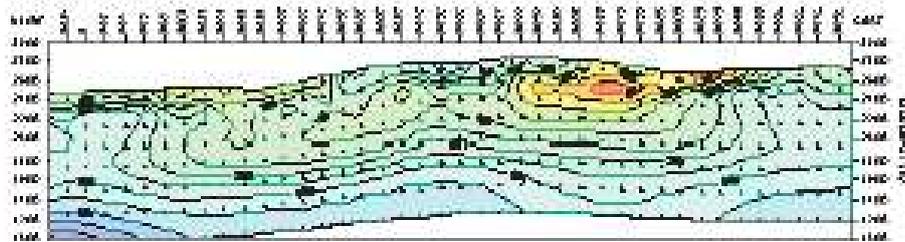


Figura 13. Ejemplo de perfil obtenido.

El equipo dispone de todos los receptores auxiliares necesarios, además de antenas adecuadas a las medidas del campo magneto-telúrico y electromagnético en el dominio de tiempos y frecuencias.

Este método geofísico se contempla apto para profundidades entre 150 y 1.500 m. El rango de frecuencias adecuado a la profundidad del estudio es desde 1 Hz hasta 1.024 Hz.

---

## ANEXO III – ANÁLISIS Y ENSAYOS DE MUESTRAS

---

### 1. Muestras para análisis químicos

---

#### **Muestras de testigos de sondeos.**

Los sondeos con recuperación de testigo permiten obtener muestras reales de las mineralizaciones que se intersecten, así como de las rocas encajantes de ellos. Todo ello es necesario para conocer la ley de mineral en la estructura atravesada, y también permite poder realizar ensayos físico-químicos de macizo rocoso encajante.

La preparación de estas muestras se realizará en las instalaciones que Kerogen Energy, S.L. prepare, con personal propio, desde donde se enviarán a los correspondientes laboratorios. El proceso de manipulación de las muestras de testigos es el siguiente:

- a) Recogida de las cajas con testigos en la perforación. La extracción del testigo de la testiguera y su colocación será supervisada por los técnicos de Kerogen Energy, S.L.
- b) Fotografiado de las cajas y elaboración de la columna litológica, con anotación de toda la información relevante.
- c) Definición de los tramos mineralizados y marcado de muestras que será de forma normalizada en tramos de 50 cm, salvo que haya una tramificación natural que pueda ajustarse a un muestreo lógico y racional.
- d) Individualización mediante corte transversal de los testigos en cilindros de 50 cm de longitud o de los tramos definidos.
- e) Corte longitudinal de dichos cilindros en 2 mitades semejantes. Cuando hay un reparto uniforme de los componentes mineralógicos en ambos trozos del testigo, una de las mitades se corta en 2 cuartos iguales.
- f) Para el análisis químico se destinará la mitad o uno de los  $\frac{1}{4}$  de testigo.
- g) El otro  $\frac{1}{4}$  de testigo se almacenara como muestra destinada a ensayos mineralógicos, mineralúrgicos, físico-químicos y a duplicados para control analítico.
- h) Envasado en bolsas de plástico de dichas muestras, etiquetado y elaboración de documentación de control.
- i) Envío por mensajería de las muestras a los laboratorios para realizar los ensayos correspondientes.

El procedimiento en el laboratorio será como el de roca normal, advirtiendo de que se trata de muestras de mineralización por lo que los rangos de contenidos van a ser

amplios y va a haber valores elevados de algunos elementos. Los rechazos y pulpas serán retornados a las instalaciones de KE, S.L. para posteriores controles de calidad de resultados analíticos.

## 2. Muestras para ensayos físico-químicos, mineralógicos y geotécnicos

A partir de los fragmentos de roca recogidos en los reconocimientos geológico-mineros y de los testigos de sondeos, se seleccionaran muestras destinadas a diferentes ensayos. En esta etapa de la investigación a realizar se contemplan los siguientes:

### **Ensayos de densidad.**

Para un correcto cálculo del tonelaje de los recursos que se encuentren es necesario disponer de datos de densidad de los distintos tipos de materiales que componen la mineralización, desde fragmentos de rocas encajantes en forma de brechas, a los minerales que componen la mena y la ganga del relleno filoniano. Para ello se enviaran fragmentos de  $\frac{1}{4}$  o mitad de testigos para poder correlacionar las leyes con las densidades. De igual forma se harán ensayos de densidad con las pulpas restantes (picnómetro), permitiendo establecer una relación directa entre resultado del análisis químico y densidad del material ensayado. Con ambos parámetros se establecerán las curvas de leyes-densidad, con las que se podrá establecer el tonelaje en la evaluación del recurso minero.

### **Mineralogía óptica.**

Se realizará por un laboratorio externo e incluirá:

1. Descripción mineralógica. Identificación de minerales de la mena y la ganga.
2. Análisis modal.
3. Liberación/asociaciones de partículas.
4. Preparación de secciones delgadas, analizándose dos secciones por muestra (Microscopía de Luz Reflejada y XPL luz polarizada cruzada).

Estos estudios irán dirigidos a definir las relaciones texturales entre las distintas especies mineralógicas reconocidas.

### **Ensayos geotécnicos.**

Como necesario complemento a los parámetros geotécnicos que se vayan estableciendo a partir de la testificación de los testigos de los sondeos, deberán hacerse también una serie de ensayos geotécnicos, no sólo del mineral a explotar, si no también de la roca encajante, tanto a muro como a techo, con el fin de obtener datos para el futuro diseño de una posible explotación.

Estos ensayos, a realizar sobre los testigos obtenidos de las perforaciones son:

- Ensayo a comprensión simple.
- Ensayo de corte directo.
- Ensayo triaxial.
- Permeabilidad.

Muestras de los testigos, debidamente preparadas para los ensayos, serán enviados a un laboratorio especializado, quien remitirá un informe detallado los ensayos realizados y de los datos obtenidos a partir de ellos.

En los propios sondeos también se pueden hacer ensayos como los destinados para determinar el estado tensional; o el ensayo Lefranc, para conocer la posible circulación de agua, etc.. No obstante, se ha de tener en cuenta que este tipo de ensayos geotécnicos están más orientados a conocer las características del material de cara a la futura explotación (elección de maquinaria, diseño de taludes o de sostenimiento, cimentaciones, etc.) que a la propia identificación del yacimiento desde el punto de vista de la identificación de las reservas.