



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

ESTUDIO DE LA MINA "EL CASTELLAR"

VILLARRUBIA DE SANTIAGO (TOLEDO)

INFORME DE SINTESIS

Madrid 1995

INTRODUCCION

El presente documento es el Informe Final del proyecto titulado "Estudio de la Mina de El Castellar (Villarrubia de Santiago, Toledo)", solicitado por la Empresa de Gestión de Residuos Industriales, S.A. (EMGRISA), al Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), bajo forma de operación comercial.

Este informe sintetiza los datos previos ofrecidos con anterioridad en dos informes parciales, el primero de ellos correspondiente a la Caracterización Geológica de la mina y su entorno, y el segundo referido a los trabajos de sondeos, Geofísica, Hidrogeología e Hidroquímica, e Isótopos.

En este informe se resumen los datos básicos obtenidos tras el conjunto de labores, análisis y tratamientos realizados, se discuten los resultados y se emiten las conclusiones a las que ha podido llegarse.

OBJETIVOS

El objetivo fundamental del Estudio ha sido la evaluación del hueco minero generado por la explotación de "El Castellar", y su entorno, como posible almacén de residuos especiales.

Lógicamente, y dada la situación de la Mina en relación con el Río Tajo, los trabajos se han centrado en la definición del grado de idoneidad hidrogeológica del macizo en el que se ubican las labores mineras.

Como horizonte de trabajo en el tiempo se ha tenido en cuenta la hipótesis de un almacenamiento a largo plazo, sin descartar sin embargo, a priori, la posibilidad de un almacenamiento temporal.

En definitiva, el objetivo específico ha sido averiguar si los condicionamientos hidrogeológicos derivados del medio geológico, la climatología y la particular situación topográfica de la mina, eran o no adecuados para la utilización de esta, con las máximas garantías exigibles, como almacenamiento de todo tipo de residuos especiales.

METODOLOGIA

Metodológicamente, los trabajos a realizar se han diseñado según un esquema de fases sucesivas.

En primer lugar, se han realizado los estudios de caracterización geológica, tendentes al establecimiento de un modelo geológico explicativo de lo observable en el entorno superficial (concretado en diferentes cartografías geológicas a escalas de detalle), de la información extraíble de los numerosos sondeos previos realizados por FORET en sus campañas de investigación, de las observaciones realizadas en el interior de la mina y de los propios sondeos realizados ad hoc por el ITGE.

Tras esta fase de caracterización geológica, y con el modelo geológico bien definido, se han realizado toda una serie de estudios y ensayos encaminados a determinar con precisión las bases para cumplir el objetivo básico del proyecto: la caracterización hidrogeológica de la Mina y su entorno, y en especial, las relaciones del macizo con el Río Tajo.

En el conjunto de las labores se han aplicado metodologías de diversos tipos, combinados en el tiempo; entre ellos, pueden destacarse:

- Reconocimiento de campo y de interior (en la mina).
- Cartografías geológicas y geomorfológicas, a diferentes escalas.
- Levantamiento de series estratigráficas y de columnas de sondeos.
- Análisis estructural, y toma sistemática de datos.
- Tratamiento estadístico de los datos.
- Tratamiento de imágenes de satélite.
- Interpretación fotogeológica.
- Correlaciones estratigráficas y realización de cortes geológicos y bloques diagramas.
- Revisión de sondeos preexistentes, e informatización de sus columnas.
- Inventario de campo de puntos de agua de superficie e interior.
- Aplicación de técnicas de evaluación de la infiltración.
- Análisis químicos e isotópicos.
- Controles sistemáticos de parámetros físico-químicos de las aguas superficiales.

- **Realización de ensayos de flujo y permeabilidad en sondeos.**

Las metodologías empleadas han sido utilizadas permanente, durante todo el proyecto, actuando en las diversas fases, realimentándose los datos de entrada en función de la nueva información obtenida.

2ª PARTE

TRABAJOS REALIZADOS

Se han realizado los siguientes trabajos:

a) Cartografías, cortes, bloques-diagramas:

- Esquema fotogeológico a escala 1:32.000 del corredor del Tajo.
- 300 Ha. de cartografía geológica a escala 1:2.000.
- 1.500 Ha. de cartografía geológica a escala 1:5.000.
- 5.000 ha. de cartografía geológica a escala 1:10.000
- Cortes estructurales del entorno de la mina.
- Cortes geológicos de detalle del sector de la mina.
- Bloque-diagrama del macizo.
- Cartografía geomorfológica a escala 1:10.000.
- Cartografía neosismotectónica a escala 1:200.000.
- Cartografía de lineamientos en imágenes del satélite SPOT.

b) Otros trabajos de caracterización geológica:

- Levantamiento de la serie estratigráfica general.
- Análisis petrográfico y sedimentológico de los materiales fundamentales de la serie.
- Estudio del comportamiento de los materiales ante la deformación.
- Medidas de la fracturación en superficie (170 medidas) y en profundidad (791 medidas).
- Estudio de los sistemas de fracturación (espaciado, apertura y densidad de las fracturas).
- Análisis de la tectónica reciente, afectando a materiales cuaternarios.
- Levantamiento de las columnas de los sondeos realizados en el exterior de la mina.
- Recopilación y análisis de las columnas de los sondeos preexistentes.
- Informatización de las columnas de los sondeos y realización de correlaciones estratigráficas bi y tridimensionales.

c) Trabajos hidrogeológicos:

- Campaña de campo de Infiltrometría.
- Estudio climatológico.
- Detección sistemática de puntos de agua en el interior de la mina.
- Inventario exterior de puntos de agua.
- Muestreo sistemático de puntos de agua subterránea en el interior y el exterior.
- Muestreo sistemático de las aguas a lo largo del Río Tajo, en el entorno de la mina.
- Análisis hidroquímico de las aguas subterráneas y superficiales.
- Realización de perfiles de conductividad en el Río Tajo.
- Análisis de isótopos estables de las aguas de la mina, las precipitaciones, aguas subterráneas del entorno y el Río Tajo.
- Establecimiento del funcionamiento hidrodinámico del macizo.
- Establecimiento de las relaciones hidrogeológicas mina-macizo-acuifero aluvial-Río Tajo.

A continuación, en los epígrafes posteriores se detallan las labores realizadas en relación con sondeos, Geofísica y Ensayos.

SONDEOS REALIZADOS

Para los fines específicos de este estudio se proyectaron una serie de sondeos, que complementarían la información obtenible desde la superficie y desde la mina, al tiempo que pudieran servir para la realización de ensayos in situ de caracterización de algunos parámetros hidrogeológicos de interés.

En total se han perforado 8 sondeos, de los cuales 3 han sido realizados en el exterior (Castellar-1, Castellar-2 y Castellar-3) y los cinco restantes en el interior.

Los sondeos exteriores han sido realizados por los equipos propios del ITGE; los del interior, debido a las peculiaridades de los mismos, fueron realizados por un equipo ad hoc de la empresa INSERSA.

En conjunto, en el exterior se han perforado un total de 179 metros, y en el interior de la mina 228 metros.

A continuación se describen las principales características de los sondeos realizados.

Sondeos - EN EL EXTERIOR

Dos de ellos se ubicaron por debajo de la bocamina, y entre la mina y el Río Tajo, con el doble objetivo de investigar las litologías existentes bajo el muro de la capa explotada (es decir, bajo el hueco minero), y de establecer posibles relaciones entre el macizo-acuífero aluvial y el río.

Por el contrario, uno se situó en la parte somital del macizo, para cortar el tramo de la serie situado por encima del nivel explotado, el propio nivel, y el tramo infrayacente.

Las principales características de los mismos son:

SONDEO	SITUACION	COTA BOCA m.s.n.m.	COTA FIN m.s.n.m.	PROFUNDIDAD m.	OBSERVACIONES
CASTELLAR-1	150 m. al SW. del control de entrada a FORET, entre el macizo y el aluvial	527	483	44	<ul style="list-style-type: none"> - Más de 6 metros de aluviales y coluviales. - Alternancia de yesos, lutitas y anhidrita. - Pérdidas importantes durante la perforación - Nivel de agua a - 11 m.
CASTELLAR-2	500 m. al SE de la Ermita de el Castellar, en la parte superior del macizo	585	479	106	<ul style="list-style-type: none"> - Atraviesa entre el metro 46 y 51 la capa de thenardita. - Bajo la thenardita, arcillas, habita y anhidrita, con abundantes síntomas de disolución. - Pérdidas frecuentes en los 40 metros superiores.
CASTELLAR-3	100 m. al N de la Planta de Tratamiento de FORET, cerca del Tajo, en pleno aluvial.	520	491	29	<ul style="list-style-type: none"> - 14 metros de aluviales, 10 metros de arcillas y yesos, y vuelven a repetirse los materiales aluviales (falla?, deslizamiento?) - Nivel de agua a - 5 m.

Sondeos - EN EL INTERIOR DE LA MINA

Se ubicaron 5 sondeos, repartidos en las cámaras localizadas más al Este del hueco minero, lejos de los frentes actuales y futuros de explotación, y en zonas en las que, en base a criterios estructurales (fracturación) podrían presentarse condiciones a priori favorables.

Los sondeos han sido realizados con un sistema destructivo (martillo de fondo) y 85 mm de diámetro, dada su finalidad principal: detectar la presencia de agua en los niveles infrayacentes a la capa explotada. Con este sistema, se evitó la introducción de fluidos que pudieran dificultar o enmascarar la existencia de agua.

Las características de los sondeos han sido:

SONDEO	COTA BOCA (m.s.n.m.)	COTA FIN (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	OBSERVACIONES
1	571	511	60	- Humedad en el fondo.
2	569	511	58	
3	541	513	28	
4	548	513	35	
5	558	511	47	

GEOFISICA

Se han llevado a cabo una serie de registros de testificación geofísica en dos de los sondeos realizados en el exterior (Castellar 1 y 2). Los parámetros considerados han sido: diámetro del sondeo, conductividad del fluido, temperatura, gamma-natural y flujo de agua (flow-meter). De los diferentes registros puede destacarse la siguiente información:

Sondeo Castellar-1:

Existen diferencias importantes del diámetro del sondeo en varios tramos, particularmente notables entre los 7,15 y 16,25 metros de profundidad, coincidiendo en este tramo con anomalías en el registro de temperatura y de conductividad. La explicación más lógica de este hecho es un posible aporte de agua; puntual en el tiempo, de gran concentración salina desde el tramo basal del macizo de la mina al sondeo.

En el tramo comprendido entre 15 y 26 metros y entre 37 y 38 metros de profundidad, también se observan diversas anomalías que se han interpretado análogamente como posibles entradas laterales de agua desde la formación.

En cualquier caso, los registros demuestran con seguridad la existencia de condiciones de flujo entre el tramo subyacente a la mina, el aluvial y, en consecuencia, el río, con el cual el aluvial está en íntima conexión hidrogeológica.

Las medidas de flujo no parecen indicar, sin embargo, flujos verticales.

Sondeo Castellar-2:

Los registros realizados en este sondeo han sido especialmente problemáticos, debido a la necesidad de utilizar salmueras durante su ejecución. En cualquier caso, parecen deducirse evidencias, puestas de manifiesto por los registros de diámetro, conductividad y temperatura de posibles flujos horizontales entre el macizo y el sondeo.

ENSAYOS

Se han realizado dos tipos de ensayos: de permeabilidad y de bombeo; en ambos casos, se ha pretendido estimar la capacidad de transmitir fluidos de las formaciones atravesadas por el sondeo más representativo (Castellar-1).

Los ensayos de permeabilidad (tipo slug test) se han llevado a cabo en tres secciones diferentes del sondeo, escogidos por los resultados de la testificación geofísica y el levantamiento de la columna litológica atravesada. Las tres secciones se localizan en el tramo de la serie estratigráfica correspondiente a los materiales existentes por debajo de la mina de El Castellar.

Los valores obtenidos son los siguientes:

- Permeabilidad o Conductividad hidráulica:

entre -5×10^{-7} m/s y $8,73 \times 10^{-6}$ m/s

- Coeficiente de almacenamiento:

entre $1,22 \times 10^{-5}$ y $4,41 \times 10^{-2}$.

También se ha realizado un ensayo de bombeo, con la finalidad de evaluar la permeabilidad media del conjunto del sondeo. El dato obtenido de conductividad hidráulica ($9,6 \times 10^{-7}$ m/s) es congruente, en orden de magnitud con los datos anteriormente expuesto deducidos de los slug tests.

3ª PARTE

GEOLOGIA: Litoestratigrafía

La Mina de El Castellar se localiza en materiales Miocenos del relleno sedimentario de la Cuenca de Madrid (Depresión del Tajo) .

La serie estratigráfica general muestra tres grandes unidades litoestratigráficas: Unidad Basal o Salina. Unidad Intermedia y Unidad Superior.

La Mina de El Castellar aprovecha una capa mineralizada de thernardita-glauberita (sulfato sódico) dentro de la Unidad Basal o Salina. En concreto, dicha unidad posee dos tramos; uno superior, con facies de lutitas rojas con glauberita, anhidrita, magnesita, halita y thernardita y uno inferior, con facies de arcillas grises y anhidrita, glauberita, halita y polihalita.

La mina se sitúa en el tramo superior, presentando una secuencia-tipo, de muro a techo:

- Lutitas rojas con halita, glauberita y anhidrita
- Halita y anhidrita (8 metros)
- Entre 5 y 20 metros de thernardita y glauberita. A techo, en delgado nivel de mirabilita (sulfato sódico hidratado)
- Nivel de yesos espejuelos secundarios.

El dispositivo topográfico y geológico en torno a la mina puede resumirse como una meseta levantada respecto al Río Tajo; los materiales del tramo superior de la Unidad Salina, por encima de la secuencia descrita, aflorarían en la superficie de la meseta, junto con los materiales suprayacentes pertenecientes ya a la Unidad Intermedia. Básicamente afloran yesos espejuelos y margas yesíferas y algunos niveles de yesos detríticos, areniscas y carbonatos.

Por debajo de la mina, los materiales existentes son, básicamente, arcillas, halita y anhidrita, con alguna pasada de glauberita.

Discordantes sobre los materiales miocenos, aparecen materiales cuaternarios de diverso origen y entidad. Los más importantes y representativos son los aluviales ligados al Río Tajo. Ocupan la mayor parte del valle, escalonados en diversos niveles de terrazas, entre +65

metros y el cauce actual del río.

MODELO GEOLOGICO

El modelo geológico al que se ha llegado tras los diversos trabajos realizados trasluce, bajo una aparente sencillez, la enorme complejidad que ofrecen los medios sedimentarios que originaron estos depósitos, así como las transformaciones mineralógicas sufridas posteriormente por los mismos, y, por supuesto, la historia tectónica y geomorfológica de la zona.

Globalmente, puede aceptarse un modelo de facies variables en la vertical y la horizontal, pero manteniendo, al menos en la zona de la explotación minera, una tendencia a la existencia de una capa de espesor más o menos constante de thernardita-glauberita, originalmente subhorizontal, y sometida a una secuencia de deformaciones frágiles y dúctiles que la hacen descender progresivamente de cota hacia el Norte (hacia el río Tajo).

Lo realmente destacable de este modelo es lo alejada de la realidad que está la suposición anterior de una secuencia perfectamente tabular, horizontal y prácticamente atectónica.

Una interrogante que subsiste en el modelo planteado es la naturaleza exacta del valle del Tajo, pues aunque existen numerosos indicios de su carácter estructural, esto no se ha podido establecer de manera definitiva.

CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES Y DE LA DEFORMACION

- EN EL EXTERIOR

El entorno de la Mina de El Castellar muestra claramente una estructuración en bloques, debida a la tectónica extensional alpina. Existen numerosas fallas normales, de dirección EW, que dan lugar a la formación de fosas (bloques hundidos) y pilares (bloques levantados). Los saltos de estas fallas no alcanzan valores importantes, estando el máximo en torno a los 10-15 metros, y siendo con frecuencia inferior a 1 metros. Existen otros sistemas de fracturas, como los N100°E y los N10°E, que actúan como conexión entre las fallas del sistema anteriormente mencionado.

El abanico de fracturación superficial se reparte entre las direcciones N70°E y N205°E, con dos máximos en N100-105°E y N190-195°E.

A escala regional, la unidad salina parece que actúa como nivel de "despegue" o de "acomodación" de esta fragmentación o compartimentación en bloques.

En los materiales precuaternarios, pueden encontrarse dos tipos de deformación:

- la de la Unidad Salina, con un comportamiento más cercano a la deformación dúctil aunque sin excluir la presencia de ciertas estructuras frágiles.
- la del resto de los materiales precuaternarios, con una tendencia marcada al comportamiento frágil, caracterizada por la abundante fracturación.

En la vertical, entre ambos tipos de materiales existe una modificación del comportamiento deformacional, que se traduce, por ejemplo, en el amortiguamiento de mayoría de las fracturas visibles en superficie, al llegar a la capa mineralizada de sulfato sódico, así como en el "sellado" de las escasas fracturas visibles en estos materiales.

En los materiales cuaternarios -particularmente en las terrazas del Tajo- se observan también sistemas de fracturación que aseguran el funcionamiento de una tectónica activa de carácter

muy reciente, incluso holocena. Se han podido medir hasta 32 fallas afectando a los materiales aluviales, con una amplia distribución en sus orientaciones. Curiosamente, el máximo frecuencial se localiza en la dirección N45°-50°E, no representada en las fracturas que afectan a los materiales precuaternarios.

Con todas las cautelas, debido al relativamente escaso número de fallas medidas para otorgar una representatividad estadística óptima, esto parece indicar la existencia de factores diferenciales en la génesis de ambos conjuntos, al menos parcialmente. Uno de esos factores podría ser la migración halocinética activa de los tramos basales de la Unidad Salina, en sentido S-N, que explicaría al mismo tiempo las fracturas E-W características de los materiales salinos (que se describen a continuación) y el haz de fracturas afectando a los materiales cuaternarios, que sugiere un eje de máxima presión N-S, con dos sistemas conjugados según las direcciones NW-SE, NE-SW.

- EN EL INTERIOR DE LA MINA

Como se ha apuntado anteriormente, los materiales salinos sensu lato presentan unas características deformacionales diferentes al resto.

En el interior de la mina se han reconocido 791 fracturas, de las cuales se ha medido su dirección y buzamiento, así como analizado la presencia o no de rellenos, y el espaciado entre fracturas consecutivas a lo largo de una transversal. Los resultados indican lo siguiente:

- las fracturas detectadas en la capa mineralizada presentan un grado de dispersión muy pequeño, pudiendo afirmarse que pertenecen todas a una única familia, de dirección medida aproximada E-W (N50°E-N130°E).
- la familia de fracturas superficiales de dirección media aproximada N-S no tiene representación en profundidad, debiendo considerarse por tanto "amortiguada".
- la mayoría de las fracturas medidas no presentan desplazamientos entre sus labios. Son pequeñas diaclasas abiertas, "selladas" posteriormente mediante procesos de disolución y precipitación.

Otro tipo de deformación reciente, pero claramente no ligada a procesos tectónicos es la existente en el borde de los cantiles. El encajamiento de la red fluvial y los procesos de disolución y transformaciones mineralógicas a fases hidratadas han generado una red de grietas tensionales, por lo general subparalelas a la incisión fluvial. El desarrollo de estas grietas puede llegar a algunos centenares de metros de longitud, alguna decena de metros de profundidad y varios metros de apertura. Se ha podido constatar la aparición de algunas grietas recientes prácticamente en la vertical del hueco minero (cerca del sondeo Castellar-2).

CLIMATOLOGIA

El objetivo del estudio climatológico y de infiltración ha sido fundamentalmente el estimar la lluvia caída en la zona y el porcentaje de agua infiltrada en el terreno, a través de la zona no saturada, susceptible de llegar al hueco minero.

La pluviometría de la zona oscila entre los 470,9 mm de media y los 309,4 mm y 622,7 mm de los años tipo seco y húmedo respectivamente.

La infiltración (estimada mediante diversos métodos, incluyendo la medida directa de infiltrabilidad superficial con el método de doble anillo), oscila entre el 7% y el 10% de la precipitación total, variando entre unos valores extremos del 4% y el 12%, dependiendo de la pluviometría total anual.

Aceptando que el agua que llega a la mina procede en su totalidad de la infiltrada en la superficie situada en la vertical, el volumen anual infiltrado en un año medio sería de 84.760 m³.

Los únicos datos de "salidas" existentes para calibrar esta cifra son las escasas medidas de caudales evacuados de la mina. Una estimación global de este caudal, extrapolando datos de Mayo de 1991, y considerando las precipitaciones medias mensuales, nos acerca a una cifra de unos 71.000 m³, coherente con la anterior, y que otorgan un papel de la mina como "colector hídrico" de cierta relevancia.

HIDROLOGIA, HIDROGEOLOGIA E HIDROQUIMICA

Para establecer el funcionamiento hidrogeológico del conjunto formado por Macizo-mina-acuífero aluvial-Río Tajo, se han realizado diferentes análisis.

Para establecer la relación entre el Río Tajo y el resto de los elementos se realizó un perfil de conductividades a lo largo del río, desde aguas arriba de la mina hasta aguas abajo. Además, se tomaron muestras para su análisis químico e isotópico. La mineralización y espectro isotópico del agua permanece prácticamente constante, no existiendo más que diferencias puntuales en el entorno de la mina, debido a los aportes de la planta de tratamiento. Sin embargo, existe una estrecha relación entre el acuífero aluvial y el Río Tajo, con un flujo de agua entre ambos. Este agua tanto el río como el acuífero aluvial está fuertemente mineralizada, consecuencia de aportes superficiales y subterráneos de agua que lixivian los materiales miocenos.

Las aguas del interior de la mina presentan facies hidroquímicas de mineralización media y alta, llegando a la saturación e incluso con tendencia a formar precipitados.

Los aportes a la mina son de carácter puntual, ligados fundamentalmente a fracturas, por donde el agua llega con velocidades de tránsito diferentes, pero por lo general rápidas.

El comportamiento hidrogeológico de los niveles infrayacentes a la capa mineralizada es el más difícil de establecer. En las cercanías del aluvial (al Norte de la mina, al pie del cantil), presenta características que permiten, sin duda, el flujo.

En los sondeos realizados en el interior de la mina, no se ha detectado presencia de agua, salvo en uno de los sondeos, pese a llegarse a cotas por debajo del Río Tajo (511 m.s.n.m.). En el sondeo Castellar-2 en estos mismos niveles si se han encontrado evidencias de disolución en el interior del testigo.

En consecuencia, existe la posibilidad de flujos localizados a favor de discontinuidades o conductos por debajo del hueco minero, que pudieran alcanzar las zonas adyacentes al acuífero aluvial, con características propensas al tránsito de fluidos, estando este último en

conexión directa con el Río Tajo.

ISOTOPOS ESTABLES

Con objeto de contribuir a un análisis fino de algunas de las interrogantes planteadas, se diseñó una campaña de análisis de isótopos, comprendiendo: precipitaciones, aguas de algunos sondeos antiguos, aguas de la mina, aguas del acuífero aluvial y aguas del Río Tajo.

Con estos análisis se pretendía avanzar en la determinación del origen del agua subterránea, la identificación de los mecanismos de recarga, el establecimiento de la dinámica de los flujos en la mina, y la estimación de la velocidad de dichos flujos subterráneos.

Se ensayaron los isótopos ambientales del agua (^{18}O y deuterio), el tritio ambiental y el ^{34}S .

De los resultados obtenidos se desprende:

- Que el origen de las aguas de la mina es local, procedente de las precipitaciones que tienen lugar en la zona.
- La infiltración se produce fundamentalmente a través de grietas, fisuras y conductos, cada uno de los cuales funciona de manera independiente, constituyendo sistemas individuales mixtos de pistón y mezcla.
- El flujo en condiciones "naturales" es escaso, y sólo se produce con intensidad cuando la explotación minera intercepta las fisuras o conductos preferenciales.
- Existen aguas en la mina anteriores a 1953, con porcentajes entre un 14% y un 92% de agua reciente; este porcentaje aumenta en los puntos de agua situados en el entorno de las frentes de explotación actuales.
- Los tiempos de renovación en las grietas se estiman entre 2-3 años y 40-50 años, y las velocidades de infiltración del orden de 0,5 a 20 cm/día.
- Respecto a la relación río-acuífero aluvial los datos isotópicos confirman que el río recibe agua del aluvial, y, posiblemente, aunque aguas arriba de la mina, de los

proprios materiales miocenos.

4ª PARTE

DISCUSION DE LOS TRABAJOS REALIZADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

El conjunto de trabajo realizados y los resultado obtenidos, permite establecer una serie de factores que, individualmente considerados, pueden acercar a una posterior evaluación global del objetivo inicialmente planteado.

Los factores considerados como fundamentales han sido los siguientes:

- 1 - Litología del hueco minero
- 2 - Serie estratigráfica
- 3 - Alteraciones postdeposicionales
- 4 - Estructura
- 5 - Grado de deformación
- 6 - Actividad neosismotectónica
- 7 - Procesos activos (fundamentalmente, geomecánicos)
- 8 - Climatología e Infiltración
- 9 - Presencia de agua en la Mina (Cantidad y Calidad)
- 10 - Comportamiento hidrogeológico de los materiales miocenos.
- 11 - Relaciones entre los diversos elementos hidrogeológicos (macizo-mina-acuífero aluvial-Río Tajo).
- 12 - Exploración directa (sondeos de interior)

Estos 12 factores han sido ponderados, en función de su importancia (entre Muy alta, Alta, Media, Baja y Muy Baja), y posteriormente evaluados según los resultados obtenidos en los trabajos realizados en una de las siguientes categorías: Muy positiva, positiva, neutra, negativa, muy negativa.

Este análisis puede resumirse así:

FACTOR	IMPORTANCIA DEL FACTOR	EVACUACION DEL FACTOR
1	Alta	Muy positiva
2	Alta	Positiva
3	Media	Negativa
4	Media	Positiva
5	Alta	Negativa
6	Alta	Muy negativa
7	Muy alta	Negativa
8	Media	Neutra
9	Muy alta	Negativa
10	Alta	Negativa
11	Muy alta	Neutra
12	Alta	Positiva

Una manera de globalizar los resultados obtenidos es otorgando valores a la ponderación a y a la evaluación, mediante la siguiente matriz:

EVALUACION IMPORTANCIA	M.P.	P.	NEUTRA	NEG.	M.N.
MUY ALTA	+10	+5	0	-5	-10
ALTA	+8	+4	0	-4	-8
MEDIA	+6	+3	0	-3	-6
BAJA	+4	+2	0	-2	-4
MUY BAJA	+2	+1	0	-1	-2

Aplicando dichos valores, la valoración global es negativa (-10 en términos absolutos).

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Del conjunto de trabajos realizados y tras los análisis y evaluación de los resultados, se dependen las siguientes conclusiones:

- 1) - La Mina de El Castellar se sitúa en el seno de una formación evaporítica, de características litológicas consideradas a priori como buenas para un posible almacén de residuos especiales.
- 2) - Sin embargo, la presencia de una abundante deformación frágil del conjunto de los materiales precuaternarios y la comprobada existencia de una red de fracturación cuaternaria, con actividad incluso muy reciente (holocena), limitan seriamente dicha consideración previa.
- 3) - Las características hidrogeológicas de la formación miocena, tanto por encima del hueco minero, como, al menos puntualmente, por debajo del mismo, muestran la posibilidad de vías preferenciales de flujo, pese a la inexistencia de un "acuífero" en sentido estricto por debajo de la mina.
- 4) - Las relaciones hidrogeológicas entre el macizo donde se sitúa la mina, el hueco minero, el acuífero aluvial y el Río Tajo, no aconsejan finalmente, la utilización de este como almacén de residuos especiales, dado que existen evidencias en algún caso, e indicios en otros, de conexiones entre dichos elementos, que no asegurarían con plenas garantías la absoluta estanqueidad necesaria para la preservación del medio ambiente, especialmente de las aguas superficiales representadas en este caso por el Río Tajo.
- 5) - En definitiva y para finalizar, no se considera conveniente, en el estado actual de los conocimientos, la propuesta de conversión en un almacén de residuos especiales del hueco minero de la Mina de El Castellar.