



Consejería de la Presidencia, Interior,
Diálogo Social y Simplificación
Administrativa



FORMULARIO DE PRESENTACIÓN GENERAL

1. DATOS DE LA PERSONA O ENTIDAD SOLICITANTE Y DE LA REPRESENTANTE

APELIDOS Y NOMBRE/RAZÓN SOCIAL/DENOMINACIÓN: ARIDOS MARRAQUE SOCIEDAD LIMITADA		SEXO: <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> M	DNI/NIE/NIF: B04117818				
DOMICILIO:							
TIPO DE VÍA: Avenida	NOMBRE DE LA VÍA: FEDERICO GARCIA LORCA						
NÚMERO: 0	LETRA:	KM EN LA VÍA:	BLOQUE:	PORTAL:	ESCALERA:	PLANTA:	PUERTA:
ENTIDAD DE POBLACIÓN: rioja		MUNICIPIO: RIOJA		PROVINCIA: ALMERÍA		CÓD. POSTAL: 04260	
TELÉFONO MÓVIL: 651883374	CORREO ELECTRÓNICO: ARIDOS@MARRAQUE.ES						
APELIDOS Y NOMBRE DE LA PERSONA REPRESENTANTE/RAZÓN SOCIAL/DENOMINACIÓN: CABRERIZO FERNANDEZ JOAQUIN		SEXO: <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> M	DNI/NIE/NIF: 45593948J				
ACTÚA EN CALIDAD DE: ADMINISTRADOR UNICO							

2. DESTINATARIO

CONSEJERÍA: Consejería de Economía, Hacienda y Fondos Europeos
ÓRGANO/AGENCIA/ETC. Delegación Territorial de Economía, Hacienda, Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Almería

3. EXPONE

Que en relación con el Proyecto de Ampliación de Cantera de Aridos Pura nº448, se aporta para su conocimiento y archivo, Proyecto de Aplicación de Tecnosuelos, relacionado con el Proyecto de Restauración Ambiental de la Ampliación de la Cantera Pura, solicitado por la DT de Medio Ambiente. Si bien entiende esta parte que el Proyecto de Restauración está suficientemente definido y justificado en lo relativo al RD975/2009 y su relación con el relleno del hueco minero con residuos mineros propios, se aporta el documento solicitado para su conocimiento.

Código de identificación órgano o unidad: A01002820

JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818		23/11/2023 16:09	PÁGINA 1/4
VERIFICACIÓN	PEGVE6QSLYDB9FN84GRQSCBBXPPLWR	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



4. SOLICITA⁽²⁾

Que se archive el mencionado proyecto.

(2) En el caso de que solicite información y/o documentación, indique la dirección de correo electrónico donde desea le sea remitida.

Correo electrónico:

5. DOCUMENTACIÓN

Presento la siguiente documentación:

Documento
1 proyecto de aplicacion de tecnos

DOCUMENTOS EN PODER DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA

Ejero el derecho a no presentar los siguientes documentos que obran en poder de la Administración de la Junta de Andalucía o de sus Agencias, e indico a continuación la información necesaria para que puedan ser recabados:

Documento	Consejería/Agencia y Órgano	Fecha de emisión o presentación	Procedimiento en el que se emitió o en el que se presentó

DOCUMENTOS EN PODER DE OTRAS ADMINISTRACIONES

Ejero el derecho a no presentar los siguientes documentos que obran en poder de otras Administraciones Públicas, e indico a continuación la información necesaria para que puedan ser recabados:

Documento	Consejería/Agencia y Órgano	Fecha de emisión o presentación	Procedimiento en el que se emitió o en el que se presentó

6. DECLARACIÓN, LUGAR, FECHA Y FIRMA

La persona abajo firmante **DECLARA**, bajo su expresa responsabilidad, que son ciertos cuantos datos figuran en la presente solicitud, así como en la documentación adjunta.

En ALMERIA a 23 de noviembre de 2023
LA PERSONA SOLICITANTE / REPRESENTANTE

Fdo.: JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ

SR/A. Delegación Territorial de Economía, Hacienda, Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Almería

Código Directorio Común de Unidades Orgánicas y Oficinas: A01041434

Código de identificación órgano o unidad: A01002820

JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818		23/11/2023 16:09	PÁGINA 2/4
VERIFICACIÓN	PEGVE6QSLYDB9FN84GRQSCBBXPPLWR	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	



INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE PROTECCIÓN DE DATOS

En cumplimiento de lo dispuesto en el Reglamento General de Protección de Datos, le informamos que:

El Responsable del tratamiento de sus datos personales es el órgano directivo u organismo al que dirige este formulario y podrá encontrar más información sobre el tratamiento de datos en <http://www.juntadeandalucia.es/proteccióndedatos>.

Ahora bien, este formulario llega a dichos órganos y organismos a través del registro electrónico único de la Junta de Andalucía. Para ofrecerle el servicio de registro electrónico único es imprescindible tratar sus datos personales, en relación con lo cual le informamos de que:

- a) El Responsable del tratamiento de sus datos personales para el servicio de registro electrónico único es la Secretaría General para la Administración Pública cuya dirección es C/ Alberto Lista, nº16 41071 Sevilla sgap.cjalfp@juntadeandalucia.es
- b) Podrá contactar con el Delegado de Protección de Datos en la dirección electrónica dpd.cjalfp@juntadeandalucia.es
- c) Los datos personales que nos indica se incorporan a la actividad de tratamiento “Registro Electrónico Único”, con la finalidad de gestionar el registro de entrada y salida de documentos en la Administración de la Junta de Andalucía, mediante sistema automatizado; la licitud de dicha tratamiento se basa en el cumplimiento de una obligación legal del responsable, consecuencia de lo establecido en el artículo 16 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas y los artículos 82, 83 y 84 de la Ley 9/2007, de 22 de octubre, de la Administración de la Junta de Andalucía.
- d) Puede usted ejercer sus derechos de acceso, rectificación, supresión, portabilidad de sus datos, y la limitación u oposición a su tratamiento y a no ser objeto de decisiones individuales automatizadas, como se explica en la siguiente dirección electrónica: <http://juntadeandalucia.es/proteccióndedatos>, donde podrá encontrar el formulario recomendado para su ejercicio.
- e) Se contempla la cesión de datos a los órganos administrativos a los que vaya dirigido el documento registrado.

La información adicional detallada, así como el formulario para la reclamación y/o ejercicio de derechos se encuentra disponible en la siguiente dirección electrónica:

<http://www.juntadeandalucia.es/proteccióndedatos/detalle/180928>

Nº Reg. Entrada: 2023999014291767. Fecha/Hora: 23/11/2023 16:09:29

Código de identificación órgano o unidad: A01002820

JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818		23/11/2023 16:09	PÁGINA 3/4
VERIFICACIÓN	PEGVE6QSLYDB9FN84GRQSCBBXPPLWR		https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/



INSTRUCCIONES RELATIVAS A LA CUMPLIMENTACIÓN DEL PRESENTE FORMULARIO.

1. DATOS DE LA PERSONA O ENTIDAD SOLICITANTE Y DE LA REPRESENTANTE:

La persona o entidad solicitante deberá cumplimentar los datos identificativos que aquí se requieren.

Los datos relativos a la persona representante serán de obligatoria cumplimentación en el supuesto de ser éstas quienes presenten el escrito. En estos supuestos habrá de indicar a su vez en calidad de qué se ostenta la representación, por ejemplo, en caso de representante legal: padre, madre, tutor/a, etc.

2. DESTINATARIO:

Deberá indicar la Consejería a la que dirige el presente escrito, así como en su caso, organismo o agencia.

3. EXPONE

Deberá exponer con la mayor claridad qué hechos o circunstancias motivan la presentación del presente escrito.

4. SOLICITA

Deberá recoger en este apartado qué solicita de la Administración de la Junta de Andalucía.

-En el caso de que desee recibir algún tipo de información y/o documentación, deberá indicar en este apartado una dirección electrónica a efectos de recibir la información solicitada.

- Si lo que usted desea exclusivamente es ejercer su derecho a solicitar de información conforme al artículo 17 de la Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno, recomendamos seguir las indicaciones recogidas en la siguiente dirección electrónica: https://transparencia.gob.es/transparencia/transparencia_Home/index/Derechode-acceso-a-la-informacion-publica/Solicite-informacion.html"

5. DOCUMENTACIÓN

Cumplimente en los numerales correspondientes qué documentación presenta efectivamente, en caso de hacerlo.

Los campos relativos a los documentos en poder de la Administración de la Junta de Andalucía o de otras Administraciones, solo procederá cumplimentarlos cuando ejerza el derecho a no presentar la documentación referida. En estos casos deberá aportar toda la información que se le solicita.

6. DECLARACIÓN, FECHA, LUGAR Y FIRMA

Deberá declarar que son ciertos cuantos datos figuran en el presente documento, y firmar el formulario.

ILMO/A SR/A: Deberá cumplimentar indicando el órgano al que se dirige la solicitud

DIR3. CÓDIGO DIRECTORIO COMÚN DE UNIDADES ORGÁNICAS. Deberá cumplimentar el código DIR del órgano al que va dirigido este formulario, para ello podrá consultar en las Oficinas de Asistencia en Materia de Registros o bien en esta dirección:
<https://ws024.juntadeandalucia.es/ae/directoriocomundounidadesorganicas>.

JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818		23/11/2023 16:09	PÁGINA 4/4
VERIFICACIÓN	PEGVE6QSLYDB9FN84GRQSCBBXPPLWR	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

**PROYECTO DE APLICACIÓN DE TECNOSUELOS EN LA RESTAURACION
DEL PROYECTO DE AMPLIACION DE CANTERA DE ÁRIDOS PURA Nº448 EN
EL T.M. DE RIOJA (ALMERÍA)**



Promotor:

Áridos Marraque

Director del estudio:

Joaquín Cabrerizo Fernández

Fecha:

Noviembre de 2023

JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818		23/11/2023 16:09	PÁGINA 1/41
VERIFICACIÓN	PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

INDICE

MEMORIA

- 1.- ANTECEDENTES Y OBJETO
- 2.- DISEÑO DEL TECNOSUELO
- 3.- RECEPCION DE RESIDUOS
- 4.- MEZCLA DE RESIDUOS Y MATERIAS PRIMAS
- 5.- ACOPIOS DE TECNOSUELO
- 6.- APLICACIÓN
- 7.- SEGUIMIENTO Y CONTROL

PLANOS

PLANO 1. SITUACION (E 1:50.000)

PLANO2. LOCALIZACION (E 1:4.000)

ANEXOS

ANEXO 1: ESTUDIO CSIC

JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818		23/11/2023 16:09	PÁGINA 2/41
VERIFICACIÓN	PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

1.- ANTECEDENTES Y OBJETO

En relación con el Proyecto de Autorización de la Ampliación de la Cantera Pura nº448 en el t.m. de Rioja, se propuso, en el PROYECTO DE RESTAURACION AMBIENTAL DE LA AMPLIACION DE LA CANTERA PURA, EN EL T.M. DE RIOJA (ALMERIA) la fabricación de un tecnosuelo y su posterior aplicación previo a las tareas de revegetación.

Por parte de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible se requiere a Áridos Marraque para que presente un proyecto de Aplicación de Tecnosuelo.

El presente Proyecto se basa en el estudio de investigación de la Estación Experimental de Zonas Aridas (EEZA) del CSIC denominado PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE UNA CANTERA EN RIOJA (Almería) SEGUNDA FASE: PLAN DE RESTAURACIÓN, el cual se adjunta como Anexo 1 al presente proyecto, como en el mencionado PROYECTO DE RESTAURACION AMBIENTAL DE LA AMPLIACION DE LA CANTERA PURA, EN EL T.M. DE RIOJA (ALMERIA) aportado al expediente AAU/AL/0007/22.

En cuanto a la operación planteada está amparada por el artículo 13.1.a del RD 975/2009 según el cual se contempla la posibilidad de relleno del hueco minero con residuos mineros propios siempre que se garantice el aseguramiento de la compatibilidad de la ubicación del hueco con el depósito de residuos. Dicha compatibilidad está más que justificada por un lado por la proximidad entre la zona de extracción de las margas (fracción mineral) y la zona de aplicación del tecnosuelo, suponiendo un traslado de unos 455 metros. Por otro lado, en virtud del estudio de investigación realizado por el CSIC, adjunto como Anexo 1, en el cual se han investigado diferentes mezclas de tecnosuelos, analizando su toxicidad, su capacidad de germinación y la estabilidad de los agregados que componen el suelo, se justifica la compatibilidad del residuo con el hueco minero y su idoneidad para su uso en las tareas de restauración. Exige también el artículo 13.1.a el aseguramiento de la estabilidad y la prevención de la contaminación del suelo, de las aguas superficiales y subterráneas.

2.- DISEÑO DEL TECNOSUELO

Según el estudio de la EEZA del Anexo 1, se han diseñado un total de 12 tecnosuelos utilizando como parte inorgánica margas yesíferas ubicadas en el interior de la actual Cantera Pura y como parte orgánica compost de residuos vegetales agrícolas de la planta Ecotech Valoriza situada a escasos 2 kilómetros de la cantera. Así mismo algunos de los tecnosuelos se han mezclado con bentonita.

Tabla 2.- Proporciones (%) de los diferentes componentes de los tecnosuelos ensayados:

Componentes	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Material mineral < 2mm	58	68	68	63	52.5	64.5	65	63	47	42.5	37	33
Compost	20	10	5	2	19.5	1.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1	1
Gravilla (2 mm a 2 cm)	20	20	25	33	27	33	33.5	36.5	50.5	55	60	65
Bentonita	2	2	2	2	1	1	1	0	1	1	1	1
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Se procedió a determinar las características físico-químicas de los componentes del tecnosuelo. Sobre estos tecnosuelos diseñados se han realizado ensayos de germinación en placas Petri y ensayos de toxicidad para los diferentes tecnosuelos. Tras estos ensayos se seleccionaron las muestras T10, T11 y T12 como tecnosuelos experimentales para ensayarlos con semillas de plantas autóctonas.

Tabla 4.- Ensayo de toxicidad en macetas de los 12 tecnosuelos en la germinación de semillas de trigo y cebada (en negrita y rojo los mejores resultados).

Tecnosuelos	Semillas utilizadas		Semillas germinadas		% semillas germinadas	
	Trigo	Cebada	Trigo	Cebada	Trigo	Cebada
T1	24	24	0	5	0.0	20.8
T2	24	24	2	15	8.3	62.5
T3	24	24	14	18	58.3	75.0
T4	24	24	7	21	29.2	87.5
T5	24	24	4	8	16.7	33.3
T6	24	24	18	18	75.0	75.0
T7	24	24	22	22	91.7	91.7
T8	24	24	20	22	83.3	91.7
T9	24	24	21	22	87.5	91.7
T10	24	24	21	24	87.5	100.0
T11	24	24	23	24	95.8	100.0
T12	24	24	23	22	95.8	91.7

Para este último ensayo con semillas autóctonas se seleccionaron las semillas que se usarán en la restauración y se realizó ensayo de germinación.

Tabla 8.- Porcentaje de germinación de 12* especies en placas Petri (en rojo, especies que no llegaron a germinar después de > 40 días de mantenerlas con la humedad adecuada).

SEMILLAS/ESPECIE	Nº utilizadas	Nº germinadas	% germinación
<i>Anthyllis cytisoides</i>	30	0	0.0
<i>Brachypodium distachyon</i>	30	29	96.7
<i>Euzomodendron bourgaeanum</i>	30	22	73.3
<i>Genista umbellata</i>	30	0	0.0
<i>Hammada articulata</i>	30	4	13.3
<i>Helianthemum almeriense</i>	30	2	6.7
<i>Launaea arborescens</i>	30	12	40.0
<i>Limonium insigne</i>	30	8	26.7
<i>Lygeum spartum</i>	30	25	83.3
<i>Plantago ovata</i>	6	0	0.0
<i>Salsola genistoides</i>	30	15	50.0
<i>Salsola papillosa</i>	30	23	76.7

* no se pusieron a germinar ni *Maytenus senegalensis* por escasez de semillas y reservarlas para los tecnosuelos ni *Olea Europaea* por su excesivamente largo tiempo de germinación.

Tras la realización del ensayo se observa como el Tecnosuelo 12 es el que permite germinar al mayor número de especies, seguido del T10 (para *Brachypodium distachyon*, *Genista umbellata*, *Launaea arborescens*, *Salsola papillosa*).

Tabla 9.- Total de semillas germinadas en los tecnosuelos seleccionados T10, T11 y T12 (en rojo las no germinadas a los 30 días y en azul los tecnosuelos con mayor porcentaje de germinación).

SEMILLAS/ESPECIE	n utilizadas	n germinadas	% germinación
<i>Anthyllis cytisoides</i>	120	0	0.0
<i>Brachypodium distachyon</i>	120	5	4.2 (T10 > T11 < T12)
<i>Euzomodendron bourgaeanum</i>	120	51	42.5 (T10 < T11 < T12)
<i>Genista umbellata</i>	120	2	1.7 (T10)
<i>Hammonia articulata</i>	120	5	4.2 (T10 > T11 < T12)
<i>Helianthemum almeriense</i>	120	0	0.0
<i>Launaea arborescens</i>	120	10	8.3 (T10 > T11 < T12)
<i>Limonium insigne</i>	120	20	16.7 (T10 < T11 < T12)
<i>Lygeum spartum</i>	120	97	80.8 (T10 < T11 < T12)
<i>Maytenus senegalensis</i>	62	0	0.0
<i>Olea europaea var. sylvestris</i>	76	0	0.0
<i>Plantago ovata</i>	111	0	0.0
<i>Salsola genistoides</i>	120	7	5.8 (T10 = T11 < T12)
<i>Salsola papillosa</i>	120	52	43.3 (T10 = T11 > T12)

3.- RECEPCION DE RESIDUOS

Como se ha indicado en el apartado 2, la fracción mineral estará compuesta por margas yesferas presentes en el interior de la cantera Pura nº448. Las margas procedentes de Cantera Pura se clasificarán como residuo minero inerte según el Anexo I del RD975/2009, procediéndose más adelante a su caracterización. Por estar encuadrados los residuos que nos ocupan en la tabla A del Anexo I del RD975/2009, serán considerados como Inertes sin necesidad de someterlos a pruebas adicionales, estando clasificados como Residuos de extracción de minerales no metálicos LER 01 01 02.

De esta forma tenemos las siguientes características:

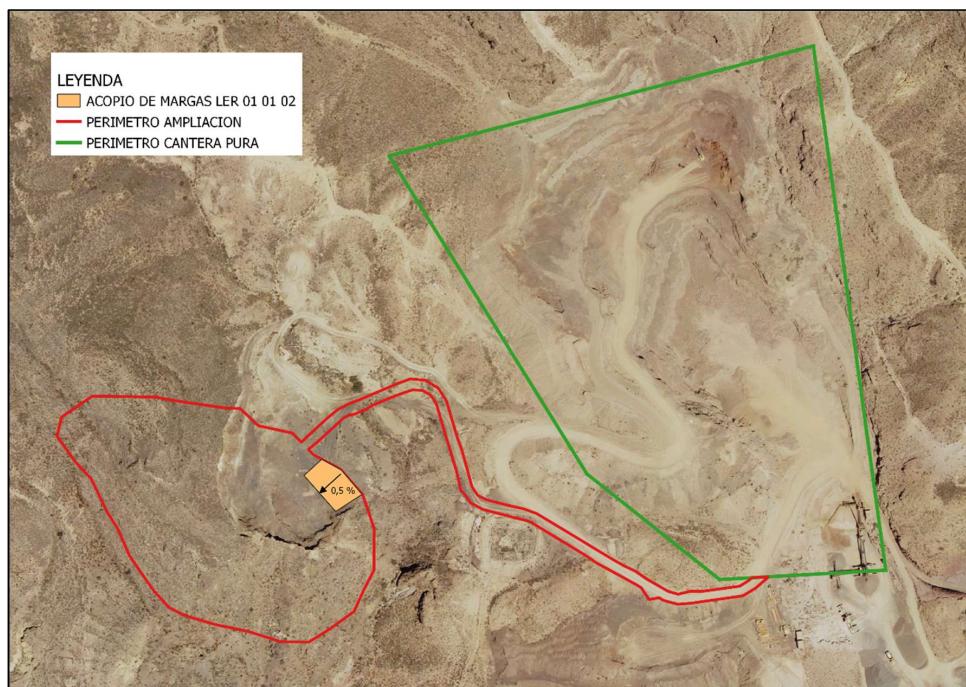
- ➔ Naturaleza del residuo de Industrias Extractivas: Residuos sólidos generados en la excavación del hueco de explotación que no han sido trasladados a planta de tratamiento. Son recursos extractivos no aptos para su comercialización.
- ➔ Procesos o actividades donde se producen: Excavación sobre el nivel freático mediante el uso de retroexcavadora.
- ➔ Tipos de material a partir de los cuales se puede producir el residuo de industrias extractivas: rocas de precipitación, calizas o dolomías.

El residuo de industria minera se encuentra perfectamente encajado en la tabla A.

Tabla A

Tipo de residuo de industrias extractivas (Código LER)	Residuos de la extracción de minerales (Código LER: 0101) Residuos de la extracción de minerales no metálicos (Código LER: 01 01 02)
Naturaleza del residuo de industrias extractivas.	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos sólidos o semisólidos y residuos en suspensión generados en la excavación del hueco de explotación mediante cualquier tipo de proceso de excavación y que no hayan sido trasladados a una planta de tratamiento móvil o fija para procesamiento o preparación para la venta. • Estos residuos incluyen la montera superior, media o inferior, así como los recursos extractivos no aptos para un uso comercial. • Los residuos incluyen las rocas encajantes meteorizadas.
Procesos o actividades donde se produce:	<ul style="list-style-type: none"> • Excavación sobre o bajo el nivel freático mediante cualquier equipo mecánico (dragalina, bulldócer, motorailla, excavadora, retroexcavadora, pala cargadora, minador o equipos análogos). • Arranque mediante voladura controlada. • Se incluyen en estas operaciones la retirada de la cubierta vegetal y de la cobertura, tanto si se realizan separadamente como conjuntamente.
Tipos de materiales a partir de los cuales se puede producir el residuo de industrias extractivas.	<p>Los residuos extractivos pueden provenir de la prospección y de la extracción de los siguientes recursos minerales de origen natural:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rocas ígneas: granitos, granodioritas, dioritas, gabros, tonalitas, peridotitas, dunitas, monzonitas, sienitas, andesitas, riolitas, basaltos, diabásicas, traquitas, lapilli, pumita, ofitas, anortositas, piroxenitas. • Rocas en diques: cuarzos, aplitas, pegmatitas, lampródidos, anfibolitas y pórvidos. • Rocas de precipitación o biogénicas: sílex, calizas, dolomías, magnesitas, travertinos, diatomitas y tripoli. • Rocas sedimentarias, detriticas y mixtas: arenas feldespáticas, arenas silíceas, arenas calcáreas y/o conchíferas areniscas, arcillas comunes, arcillas caoliníticas, arcillas especiales (atapulgita, bentonita, sepiolita), limos, arenas, gravas, conglomerados, grauwacas, arcosas, margas, calcirrudita, calcarenitas. • Rocas metamórficas y metasomatismo: mármoles, calizas marmóreas, serpentinas, rocas con contenido en talco, gneises, esquistos, cuarcitas, migmatitas, corneanas y rocas de skarn (granatitas, epidotitas). Pizarras de las zonas de Valdeorras (Ourense), Caurel (Lugo), Ortigueira (A Coruña), La Cabrera (León) y Aliste (Zamora).

El residuo LER 01 01 02 será trasladado al inicio de los trabajos de explotación de la ampliación de cantera Pura a una zona delimitada en el interior del perímetro de la ampliación.



Geométricamente la escombrera se diseña como un acopio de 5 metros de altura, realizado dentro del perímetro de la cantera, constituido sobre una plataforma subhorizontal de unos 933 m², la cual se dotará de un pendiente del 0,5% hacia el interior de la cantera. La altura media del acopio será de 5 metros. Se materializará el acopio con el empleo de una retroexcavadora de cadenas. Para evitar posibles roturas circulares de la cara del talud formado, y teniendo en cuenta que el ángulo de rozamiento interno de las margas se puede fijar en 30º (30º-35º), para un factor de seguridad de 1,5, el ángulo del talud sería:

$$FS = \tan(\Phi_{int}) / \tan(\psi_{talud})$$

$$\psi_{talud} = \operatorname{arctg}(\tan(\Phi_{int}) / FS) = 21^\circ$$

Se dota a la cara del talud de una pendiente de 21º (2,60H/1V). El cálculo realizado, aunque resulta simple, está del lado de la seguridad ya que no se ha considerado el efecto de la cohesión, que debido al material de que se trata puede resultar importante. Así mismo, la limitación de la normativa minera establece un factor de seguridad de 1,2, cuando no se tienen en cuenta efectos sísmicos, habiendo adoptado un factor de seguridad de 1,5 en este caso.

En cuanto a su ubicación relacionada con la hidrología, esta se localiza a 50 metros del curso de agua más cercano. La escombrera se ubicará en una plataforma horizontal. Se dotará de una pequeña pendiente del 0,5% hacia el interior del hueco minero, con lo que se evitan posibles aportaciones de escorrentía con margas en suspensión a la rambla más cercana. No obstante, en caso de producirse algún arrastre, la condición de inerte de las margas, siendo el material aflorante en la zona junto con las calizas, hace que no suponga riesgo alguno a la red hidrológica.

VERIFICACIÓN	JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818 PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B	23/11/2023 16:09 https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	PÁGINA 7/41
--------------	---	---	-------------

En cuanto a su ubicación relacionada con la geología, la escombrera se ubica sobre un paquete de roca caliza. Estructuralmente se considera un firme competente sin necesidad de realizar estudios extra debido a la poca entidad de la instalación. Tampoco se observan, ni cartográficamente, ni en visitas de campo, fallas o discontinuidades que pudieran lugar a fallos estructurales.

A continuación se definirán las medidas necesarias para la prevención de los diferentes factores ambientales implicados en la instalación de residuos.

Contaminación del suelo

Debido a la propia naturaleza del residuo, clasificado como inerte, sin sustancias peligrosas, formado únicamente por margas, las cuales han sido analizadas en el Anexo 1, determinando su idoneidad para conformar el tecnosuelo que se empleará en la restauración de la cantera, se desprende que no producirá contaminación del suelo. En el citado anexo 1 se determinó su no toxicidad.

Contaminación del aire

Para prevenir de la contaminación del aire debido a la emisión de partículas de polvo cuando se den episodios de viento alto, se procederá a aportar una proporción de compost en la superficie del talud y en su superficie superior, que se procederá a homogeneizar y mezclar con las margas. Esta labor favorecerá el crecimiento de vegetación espontánea que reducirá la posible emisión de partículas de polvo a la atmósfera. Esta actuación además favorecerá que, cuando se realice el tecnosuelo para la restauración de la cantera, este incorpore un banco de semillas autóctonas que acelerarán la revegetación de la superficie.

Cuando se produzcan episodios de viento fuerte, si aún no ha crecido vegetación en el acopio, se procederá a la humectación de la superficie de la instalación de residuos mineros.

Contaminación de las aguas

La principal medida para evitar una posible contaminación de las aguas superficiales es la contrapendiente del 0,5 % hacia el interior de la cantera.

Además, la medida de aportación de compost para favorecer el crecimiento espontáneo de vegetación, reducirá los efectos de arrastre de una hipotética lluvia torrencial, por el efecto de barrera que produce la vegetación en estos fenómenos.

4.- MEZCLA DE RESIDUOS Y MATERIAS PRIMAS

Para realizar la mezcla del tecnosuelo se seguirá el procedimiento y las proporciones que se indican a continuación.

1. La preparación o fabricación del tecnosuelo se realizará sobre un terreno llano o lo más llano posible, en este caso en la zona contigua a la de acopio de margas.

VERIFICACIÓN	JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818 PEGVELPRPNBU9SBG9P06TGLBUUGC8B	23/11/2023 16:09 https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	PÁGINA 8/41
--------------	---	---	-------------

2. Apilar la parte mineral (de forma aproximadamente cónica) según los siguientes volúmenes o pesos (considerando que la marga tiene una Da de 1,3 kg/L (muy parecida a la mayoría de los suelos):

Cono de 10 m (5 m de radio): volumen 26 m³, peso 34 t (equivale aproximadamente a 1 viaje de dumper Volvo A35)
3. Añadir encima de la pila de material inorgánico las cantidades de material orgánico (compost con un 20% de materia orgánica útil y una Da de 0,6 kg/L) entre un mínimo de 0,5% de MO (2,5% compost) y un máximo de 1,5% de MO (7,5% compost):

Al cono de 10 m diámetro: **1,3 m³ (1 t)** si 0,5% MO (2,5% compost) o bien **3,9 m³ (3 t)** si 1,5% MO (7,5% compost). (aproximadamente 1 cazo de una retroexcavadora Volvo EC460).
4. Mezclar bien con la pala de la retroexcavadora hasta dejar una mezcla lo más homogénea posible.

5.- ACOPIOS DE TECNOSUELO

No se realizaran acopios de tecnosuelo ya que la fabricación del mismo se realizará cuando vaya a ser utilizado, realizando la mezcla y transportándolo al lugar de aplicación.

6.- APPLICACIÓN

El tecnosuelo fabricado se aplicara mediante el vertido con una retroexcavadora de cadenas, conformando esta una capa del espesor requerido. En las laderas de orientación NE se conformará una capa de 20-25 cm y en las laderas de orientación SW una capa de 25-30 cm. No se requerirá la compactación del tecnosuelo con el cazo de la retroexcavadora. Se dejaran surcos de forma paralela a las líneas de nivel que favorezcan la infiltración del agua de riego/lluvia y dificulten la escorrentía superficial.

7.- SEGUIMIENTO Y CONTROL

Una vez aplicado el tecnosuelo se realizará la plantación de plantones de especies vegetales según las prescripciones del Proyecto de Restauración.

Al año de la plantación se realizará un conteo de los plantones que siguen vivos determinando las marras. Se procederá a reponer las marras producidas.

Así mismo se verificará al año la aparición de cárcavas para proceder a su reparación mediante la ejecución de balates o terrazas que frenen su progresión.

En Rioja a 10/11/2023

Joaquin Cabrerizo Fernandez

**CABRERIZO FERNANDEZ
JOAQUIN - 45593948J**

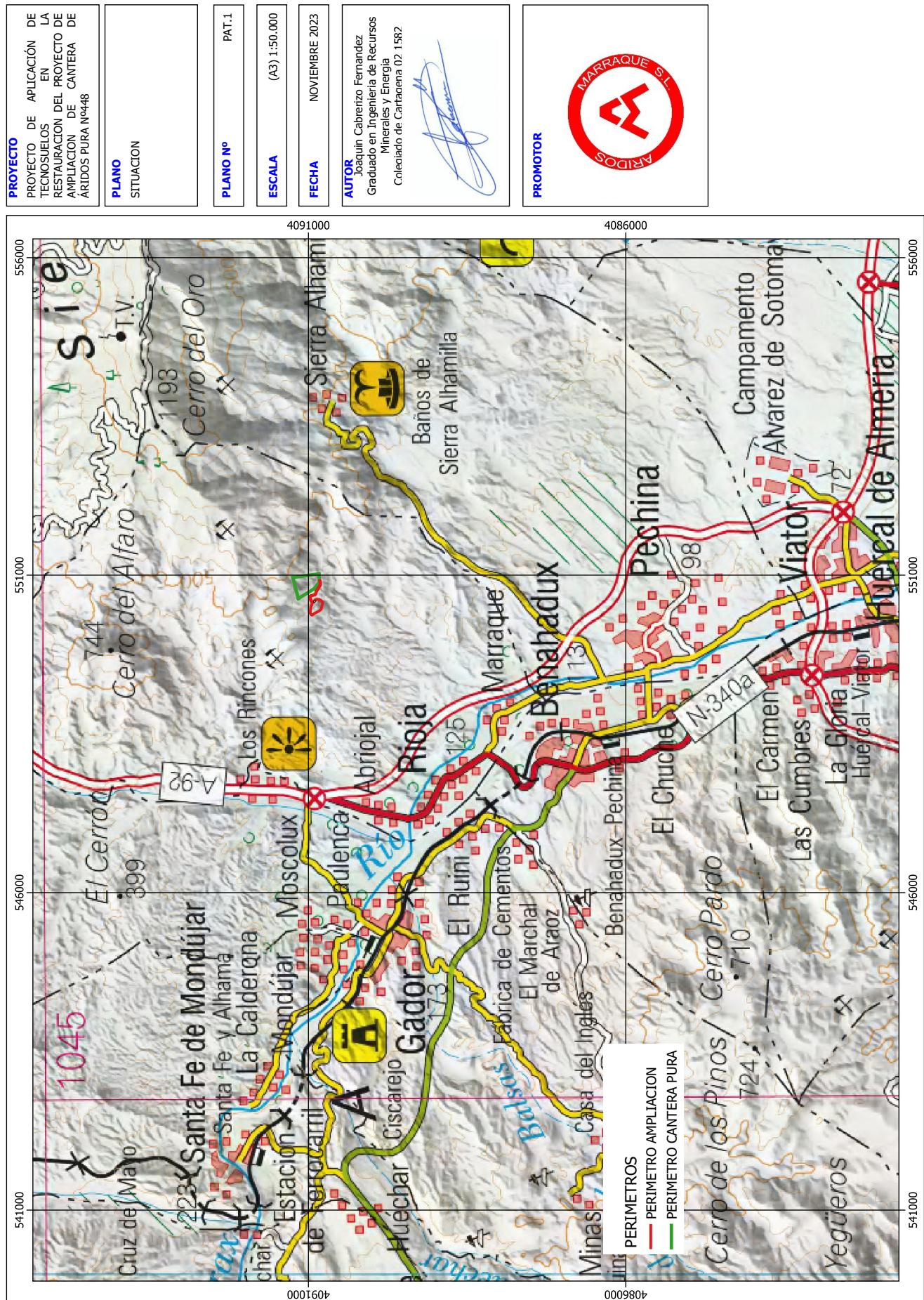
Firmado digitalmente por CABRERIZO FERNANDEZ JOAQUIN - 45593948J
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES,
serialNumber=IDCES-45593948J, givenName=JOAQUIN,
sn=CABRERIZO FERNANDEZ, cn=CABRERIZO FERNANDEZ JOAQUIN
- 45593948J
Fecha: 2023.11.23 15:54:45 +01'00'

Graduado en Ingeniería de Recursos Minerales y Energía
Colegiado de Cartagena 02 1582

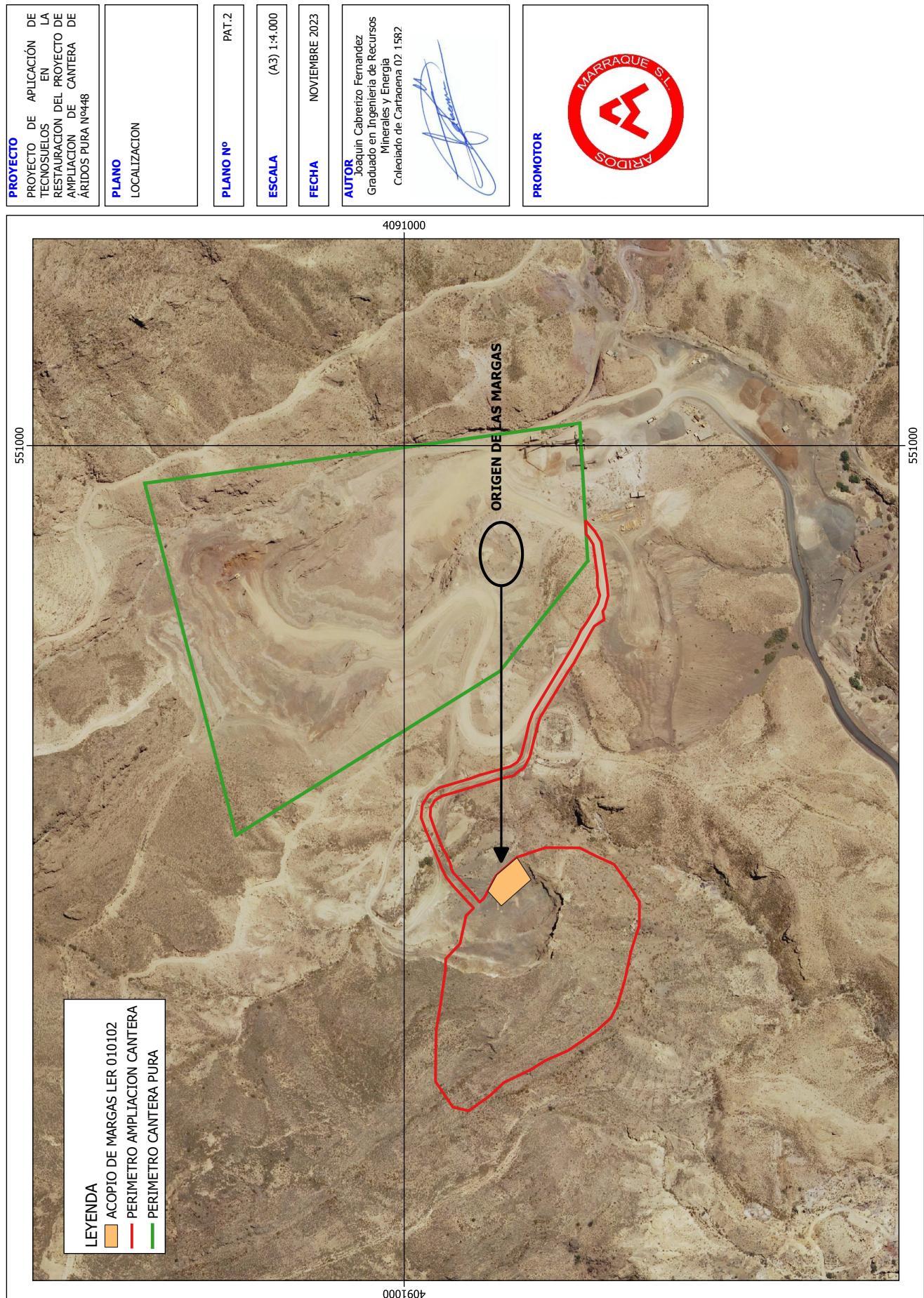
VERIFICACIÓN	JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818	23/11/2023 16:09	PÁGINA 9/41
	PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

PLANOS

JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818		23/11/2023 16:09	PÁGINA 10/41
VERIFICACIÓN	PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B		https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/



VERIFICACIÓN	JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818	23/11/2023 16:09
VERIFICACIÓN	PEGVELPRPNBU9SBG9P06TGLBUUGC8B	PÁGINA 11/41 https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/



JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818	23/11/2023 16:09	PÁGINA 12/41
VERIFICACIÓN	PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

ANEXO I

ESTUDIO EEZA CSIC

JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818		23/11/2023 16:09	PÁGINA 13/41
VERIFICACIÓN	PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE UNA CANTERA EN RIOJA (Almería)

SEGUNDA FASE: PLAN DE RESTAURACIÓN



Autores: Albert Solé, Roberto Lázaro, Beatriz Alvarez y Eva García

JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818		23/11/2023 16:09	PÁGINA 14/41
VERIFICACIÓN	PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B		https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

1. INTRODUCCIÓN

Según la Comisión Europea (2010), la extracción de minerales tiene inevitablemente un impacto sobre el paisaje y el suelo en los que se realiza. La mayoría de las minas y canteras exigen la eliminación de elementos y características superficiales durante el proceso de extracción y necesitan espacio para los montones de residuos, los vertidos, así como para infraestructuras, edificios y vías de acceso. Puede causar, en ocasiones, daños a los hábitats naturales y una perturbación grave de los ecosistemas. Si se planifican adecuadamente, las actividades extractivas no energéticas (ENE) pueden contribuir activamente a la conservación de la biodiversidad. Es lo que ocurre, sobre todo, cuando la zona de extracción está situada en un entorno ya alterado o empobrecido. Además, al estar situados algunos de estos nuevos hábitats en zonas de escaso valor desde el punto de vista de la conservación de la naturaleza, pueden actuar como importantes puntos de enlace o pasillos ecológicos entre zonas protegidas centrales, mejorando así la coherencia global de las redes existentes de zonas protegidas, como la red Natura 2000.

En el caso de proyectos de extracción en los lugares Natura 2000 y en sus proximidades, el daño a los hábitats puede traducirse en una o varias de las siguientes situaciones:

a) pérdida, degradación o fragmentación de los tipos de hábitat protegidos por la Directiva sobre hábitats; b) disminución o desplazamiento de las poblaciones locales de especies protegidas por ambas Directivas que dependen de esos hábitats para su supervivencia.

La fragmentación del hábitat también debe ser tenida en cuenta durante la evaluación de los efectos acumulativos, ya que puede producir un impacto pernicioso sobre la estructura y la dinámica de la población entre una amplia variedad de especies.

Es por ello que las **medidas de mitigación** tienen como fin minimizar o incluso eliminar los efectos adversos sobre el lugar (Comisión Europea, 2010). Y las **medidas de compensación** pretenden contrarrestar los efectos sobre los lugares cuya integridad se vea afectada de forma adversa por el plan o proyecto de manera que se mantenga la coherencia global de la red Natura 2000. Por otro lado, las medidas de compensación de la biodiversidad se definen a veces como resultados de conservación mensurables, producto de acciones concebidas para compensar repercusiones significativas residuales originadas por el desarrollo del proyecto una vez adoptadas medidas adecuadas de carácter preventivo y mitigador. El objetivo de las compensaciones de biodiversidad es conseguir una pérdida neta cero y, preferiblemente, una ganancia neta de biodiversidad en lo que respecta a la composición de especies, la estructura del hábitat, la función del ecosistema y el uso por la población y los valores culturales asociados con la biodiversidad (BBOP 2009).

VERIFICACIÓN	JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818 PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B	23/11/2023 16:09 https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	PÁGINA 15/41
--------------	---	---	--------------

Estas medidas de mitigación y compensación ya se han contemplado y descrito en el Capítulo 3 de la 1^a Fase de este Proyecto.

Según la Comisión Europea (2010), los criterios fundamentales que deben cumplirse para considerar que la **rehabilitación** contribuye al mantenimiento de la integridad del lugar son los siguientes:

1. La medida de rehabilitación se aplica a los hábitats y/o especies afectados negativamente (es decir, restauración del mismo tipo de hábitat/especie).
2. La medida de rehabilitación se centra en la zona afectada.
3. La rehabilitación de traduce en una reducción notable de los efectos negativos en cuando a su duración, extensión e intensidad. Esta reducción ha de lograrse en un plazo breve durante la extracción.

La **restauración** de los ecosistemas debe ser especialmente cuidadosa en las regiones áridas y semiáridas y debe formar parte de la planificación ambiental previa a las operaciones de cualquier industria extractiva. Los planes de rehabilitación y restauración deben ser consensuados con las autoridades locales y/o ambientales antes de iniciar las actividades extractivas.

La propuesta de restauración que se presenta está basada en el ecosistema de referencia autóctono aunque considera el cambio ambiental. En ella se tienen en cuenta los 8 principios de la restauración según Gann et al (2019):

1. involucra a las partes interesadas.
2. se basa en muchos tipos de conocimientos científicos e ingenieriles (muy especialmente Geografía Física o Geomorfología, Ecología, Botánica, Edafología, Ingenierías de Minas y de Montes o Forestal).
3. está basada en ecosistemas de referencia autóctonos y considera además el cambio ambiental.
4. apoya los procesos de recuperación de los ecosistemas.
5. se evalúa en función de objetivos y metas claros usando indicadores medibles.
6. busca el nivel más alto de recuperación posible.
7. acumula valor cuando se aplica a grandes escalas.
8. es parte de un continuo de actividades recuperativas.

En la base de todo ecosistema se encuentran:

VERIFICACIÓN	JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818 PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B	23/11/2023 16:09 https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	PÁGINA 16/41
--------------	---	---	--------------

a) la **geomorfología** (cuando es natural, es la forma del relieve debida a la acción combinada del clima y los seres vivos sobre un substrato natural a lo largo del tiempo; cuando resulta de actividades extractivas, es una forma totalmente antrópica).

b) el **suelo** (como interfase entre la topografía, las rocas, la atmósfera, la hidrosfera y la vegetación).

c) las **plantas**.

Por ello, se debe empezar por esbozar las alternativas **geomorfológicas**, asociadas a las operaciones necesarias para restaurar el **suelo** allí donde las pendientes lo permitan, se continua con el inventario de **especies vegetales** indispensables incluir en dicha restauración y se termina con las **especies animales** que suelen estar en la cúspide del ecosistema. Dada la magnitud tan pequeña del proyecto será imposible abordar la recolonización del ecosistema por parte de microorganismos, artrópodos y otros invertebrados, si bien se supone que la buena salud de un suelo atrae y se convierte en hogar de todos estos organismos. Como tampoco será posible llevar a cabo la(s) correspondiente(s) evaluación(es) a lo largo del tiempo para comprobar que han sido efectivas y, en caso contrario, rectificar, pero se recomienda al promotor que lo lleve a cabo.

1.1. Geomorfología

La filosofía subyacente a los métodos de preparación del terreno previos a la restauración de suelos y comunidades vegetales ha oscilado siempre, o al menos desde los trabajos de Bradshaw y Chadwick (1980) en los que priman la restauración de suelos sobre relieves suavizados, hasta los más recientes de Navarro Cano et al (2017) que admiten y justifican un cambio de uso de los terrenos afectados y combinan con la restauración integral de los ecosistemas existentes, pasando por los que admiten taludes de tipo Royal® (Paul Royal, ver cita) de varias decenas de metros (Martín Duque et al, 2011). En la práctica y sobre todo hoy en día se observa como los métodos mixtos son los más comunes porque se adaptan a las condiciones particulares (litológicas, económicas, sociales, etc.) de cada explotación.

En el caso de la primera estrategia, la restauración puede ser **pasiva**: la intervención humana se minimiza por la propia resiliencia del ecosistema (como los de vegetación adaptada a incendios) y éste evoluciona naturalmente hacia el de referencia por sucesión espontánea. Puede tardar décadas o más en alcanzarse. O bien **activa** (cuando requiere mecanización para el suavizado del relieve y restauración o rehabilitación del suelo con enmiendas y siembra-plantación), si bien en ambos casos se trata de conseguir un ecosistema lo más parecido posible al ecosistema inicial. En este caso se suelen suavizar los nuevos perfiles topográficos resultantes de la explotación, muchas veces abruptos, mediante terrazas con bermas no excesivas y cuyos bancos suelen utilizarse para repoblaciones forestales. Así, se recomienda remodelar el perfil de

aquellos taludes artificiales con pendientes superiores a los 20°. Este método de preparación del terreno también favorece la integración paisajística de la zona, aumentando su naturalidad. En perfiles topográficos planos o allanados artificialmente también pueden realizarse movimientos de tierras para crear perfiles alomados que aumenten la diversidad paisajística y favorezcan la creación de micro hábitats para la fauna y flora. La remodelación de taludes sólo se recomienda para restauraciones ecológicas de tipo sustitución o transformación, aunque localmente, y en función de la disponibilidad presupuestaria pueden aplicarse a laderas sobre rocas consolidadas mediante aterrazamientos con repoblaciones que hayan sufrido marras generalizadas.

Como ejemplos de la segunda estrategia, cuando predomina el cambio de uso, se acepta la conversión de los terrenos afectados para usos diversos como prácticas deportivas (escalada, rocódromos, tiro al plato, tiro al arco, pistas de bicicross, bicicleta de montaña o BMX, etc.), finalidades socio-culturales (anfiteatros, museos al aire libre como el de la Palomba en Mátera-Italia, geoturismo asociado a minería, etc.), estacionamiento de vehículos (para las actividades anteriores y para senderismo, evitando el colapso en carreteras y caminos de montaña), etc., todas dependiendo del grado de aceptación social y/o necesidades de las poblaciones locales-comarcales.

Para la conservación de taludes que deja la actividad minera se suele proponer durante la fase de explotación el método Royal, como también sugiere el documento de alegaciones al Proyecto de Ampliación de la cantera Pura enviado al promotor por el servicio de Espacios Naturales Protegidos de la Junta de Andalucía (delegación Almería). Los taludes Royal® se construyen a partir de voladuras muy dirigidas o controladas (adaptadas a la estructura de los distintos tipos de rocas) aprovechando sus planos de estratificación, diaclasas, fisuras y grietas naturales y/o de descompresión con la finalidad de dejar al aire libre las partes de la roca más oxidadas-meteorizadas con aspecto “natural” y no la roca fresca que suele asociarse al talud artificial. Este proceso se completa mediante el desmonte particularizado de bloques inestables con retroexcavadora, y/o también de manera manual, además de dejar los desmontes o voladuras o parte de ellos en la base con la finalidad de naturalizar la conexión topográfica entre la parte vertical y la plataforma inferior horizontal evitando contactos de 90° entre ambos.

Se suele decir que el procedimiento Royal® es más costoso que los métodos convencionales de construir taludes, pero Martín-Duque et al. (2011) afirman que este método es más económico si consideramos el ahorro que se genera tanto en costes de medidas correctoras de tipo estructural como en posibles costes de mantenimiento al que están sujetos la mayoría de los taludes rocosos (hay que señalar que su afirmación se refiere explícitamente a taludes de infraestructuras lineales, si bien otros autores, como Raska et al - 2011- proponen lo mismo en canteras de áridos resaltando las ventajas respecto a un suavizado topográfico). Los taludes Royal® constituyen teselas de paisaje visualmente atractivas, perfectamente integradas en el entorno con una configuración geomorfológica casi natural. Además, se maximiza la superficie total expuesta,

dado que son taludes no planos si no con irregularidades tridimensionales que incrementan la superficie final y, al haber distintas orientaciones y pendientes, permiten el desarrollo de una gran diversidad de hábitats por lo que su colonización natural por distintas especies de flora y fauna es más rápida y espontánea.

Por otro lado, para el diseño de remodelación topográfica con criterios ecológicos, hoy en día existen en el mercado algunos softwares que ayudan a tomar decisiones. Uno de ellos, profusamente utilizado, es GeoFluv - Natural Regrade (ver referencias) que permite diseñar canales para la evacuación de agua y sedimentos como lo harían sus equivalentes naturales y superficies restauradas que se pueden conectar directamente con la red fluvial del entorno. Este programa concreto de remodelación topográfica permite utilizar casi exclusivamente estériles mineros ahorrando materiales externos. Se obtiene una gran diversidad topográfica (se multiplica el rango de pendientes y orientaciones de laderas) lo que maximiza la diversidad del entorno, mejorando las oportunidades de colonización de plantas y la vida silvestre con respecto a las condiciones de partida. La diversidad de formas del terreno aumenta la posibilidad de infiltración de agua disponible para las comunidades vegetales y para la recarga de acuíferos. Según sus creadores se produce la máxima integración ambiental (ecológica + social + económica) y por tanto la sostenibilidad de la actividad minera en su entorno.

En el caso de dejar huecos en la explotación, éstos pueden rellenarse con RCD como proponen Alcubierre et al (2018) siempre y cuando su transporte hasta la zona sea económicamente viable.

1.2. Suelos

Antes de la explotación minera de la litología de interés y muy en especial la de las actividades a cielo abierto, el paisaje correspondiente suele estar recubierto en mayor o menor grado por vegetación anclada en suelo natural. El suelo, con su estructura conseguida durante décadas, centenares o miles de años a partir de la interacción entre los minerales arcillosos, la materia orgánica y una cohorte de micro-, meso- y macro-organismos y la acción del clima y sus oscilaciones (precipitación, temperatura, viento, etc.), cumple una serie de funciones ecosistémicas como ser soporte físico para las plantas y hogar de miles de organismos, facilitar el paso de agua, nutrientes y gases (esencialmente O₂, CO₂) que permiten el crecimiento vegetal, en resumen, la salud del ecosistema.

Por ello, la legislación vigente principalmente motivada por los trabajos iniciados por Bradshaw y Chadwick (1980), Barrow (1991) y posteriores, emplaza a los promotores de actividades extractivas a la restauración de los terrenos afectados y sobre todo de sus suelos.

En áreas húmedas o en donde la lluvia no es un factor limitante para que la vegetación cubra integralmente el paisaje, la minería, antes de iniciar su actividad extractiva, suele decapar el suelo (tierra vegetal existente) y guardarlo para la restauración posterior a la explotación minera.

Sin embargo, en las zonas secas o áridas, con vegetación de bajo porte y discontinua, el espesor del suelo suele oscilar entre somero a inexistente. En estos casos, la restauración del ecosistema debe pasar forzosamente por la mejora e incluso creación de un suelo artificial o tecnosuelo, cuyas funciones ecosistémicas imiten lo máximo posible las de los suelos naturales sanos.

En la medida de lo posible la restauración del ecosistema debe basarse en estudios previos locales-comarcales que tengan en cuenta las particularidades litológicas, edáficas, climáticas, de los hábitats y sus especies constituyentes. Caso de no existir dichos estudios, se buscarán manuales de restauración que se ajusten al máximo a las condiciones climáticas del entorno.

Estos estudios solo servirán a modo de guía porque lo más probable es que las condiciones locales no sean exactamente las mismas en la cantera o grupo de ellas que queremos restaurar. Por ello, durante la fase de explotación, deberá reservarse una pequeña superficie para ensayar substratos experimentales o tecnosuelos construidos con mezclas de materiales inorgánicos (puede ser la propia roca explotada pero triturada hasta una textura lo más similar posible a la de los suelos del entorno) y orgánicos fácilmente disponibles en el entorno local-comarcal (residuos vegetales, lodos EDAR si la legislación lo permite, compost de RSU u otros). En estos substratos debidamente homogeneizados se plantarán o sembrarán las especies locales más comunes y aquellas de especial protección (caso de haberla), y si no están disponibles en viveros comerciales, deberá crearse un pequeño vivero que pueda proporcionar los plantones necesarios para la futura restauración.

En cada explotación minera deberá localizarse el o los materiales minerales más adecuados para formar parte de la fracción inorgánica del o los tecnosuelos para la restauración. Preferentemente estos materiales deberán tener al menos un 50% de tierra fina (fracción mineral < 2 mm). En caso de que tales rocas no existan y sean todas de tipo duro (calizas, dolomías, areniscas, cuarcitas, granitos, dioritas, gabros, basaltos, etc.), deberán triturarse in situ hasta conseguir la granulometría adecuada o bien, en caso de que esto no sea posible, la parte inorgánica del tecnosuelo podrá reemplazarse por RCD (residuos de construcción-demolición) por ser este un material inorgánico de bajo coste y, una vez triturado (pero no en exceso para no primar la fracción limo). Es importante señalar que la granulometría para el tecnosuelo no debe tener una proporción de elementos gruesos superior al 50 ó 60%.

1.3. Especies vegetales

Una vez conocido el inventario de especies de los diferentes hábitats, se puede establecer una selección de especies a sembrar en los tecnosuelos a preparar para la restauración de las áreas afectados por las actividades extractivas. Para esta selección hay que tener en cuenta la necesidad de conservar las especies amenazadas y las de mayor valor desde el punto de vista botánico o ecológico pero, al mismo tiempo, la conveniencia de empezar la repoblación con especies bien adaptadas a la aridez y a los suelos pobres y con suficiente capacidad colonizadora.

En el caso particular de la explotación objeto de este estudio concurren, además, varias circunstancias que han influido en la selección de las especies a utilizar:

- a) que el promotor proponga dejar de explotar las zonas con una mayor presencia de *Euzomodendron*, es decir, más de la mitad N del cerro de las Cuevas, según plano topográfico – planta final de explotación;
- b) que un tipo de roca que se encuentra dentro del perímetro minero actual y sin ningún interés minero sea precisamente una marga yesífera y que esta se considere idónea como parte mineral del tecnosuelo;
- c) que los afloramientos y áreas de influencia de dicha marga yesífera coincidan esencialmente con el hábitat 1510;
- d) que las plantas del hábitat 1510 sean además las más fáciles de reproducir en los tecnosuelos;
- e) que dichas plantas tengan además un especial interés para la alimentación del camachuelo trompetero;
- f) Que la especie más común y que ocupa la mayor superficie en el área, aparte de la más común del hábitat 1510 (que es el albardín o *Lygeum spartum*) sea el esparto (*Macrochloa tenacissima*).
- g) Que a los hábitats más extendidos y/o críticos en la zona de la proyectada ampliación de la cantera (hábitats 6220 y el 1510) y en alrededores corresponda vegetación de espartal (*Macrochlora tenacissima*) y matorral de bajo porte (respectivamente).
- h) Que la Administración haga énfasis en la conservación del hábitat 1510.

Por todo lo anterior, estas son las especies, de entre las inventariadas *in situ*, que se recomiendan en primer lugar y entre ellas se encuentran todas las de especial protección y conservación para este hábitat. En orden alfabético son:

Anthyllis cytisoides, *Brachypodium distachyon*, *Euzomodendron bourgaeanum*, *Genista umbellata*, *Hamnnada articulata*, *Helianthemum almeriense*, *Launaea arborescens*, *Limonium insigne*, *Lygeum spartum*, *Plantago ovata*, *Salsola genistoides*, *Salsola papillosa*.

También se recomiendan *Diplotaxis harra*, *Moricandia foetida*, *Anabasis articulata*, *halogeton sativus*. Pero sobre todo *Macrochloa tenacissima*, precisamente las más asequible en viveros comerciales de la provincia y en general en el SE peninsular, y proporciona estructura al tipo de vegetación más extendido en la zona.

1.4. Especies animales

Por haber observado camachuelos trompeteros en la zona de ampliación de la cantera, es conveniente tener en cuenta lo siguiente:

Los camachuelos comen desde el suelo y se desplazan siguiendo la fenología de *Anabasis articulata* (comunicación personal de Eulalia Moreno), planta identificada en la zona (Informe Fase 1). Durante la estación reproductora los camachuelos seleccionan barrancos con pendientes más suaves y una mayor cobertura de solanáceas, con h máxima y media, máximo nº de especies vegetales, medio nº de especies y con menor 5 de crucíferas. Durante la estación post-reproductora hay mayor densidad de camachuelos en sitios con mayor número de especies vegetales: media y máximo número de especies igual a 9 y mayor altura máxima y media mayor de 5 gramíneas, y menor de crucíferas y de quenopodiáceas. En invierno se produce menor correlación con el porcentaje de quenopodiáceas y correlación positiva con 5 compuestas y cobertura de crucíferas y menor riqueza de vegetación y de cobertura de gramíneas (extraído de la tesis Carmen M^a Carrillo Reina, oct. 2007).

El alcotán cría en bosque verde por lo que la rapaz avistada en el cerro centinela sea probablemente un halcón (hábitat adecuado a esta especie).

VERIFICACIÓN	JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818 PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B	23/11/2023 16:09 https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	PÁGINA 22/41
--------------	---	---	--------------

2. DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS A CORREGIR Y ACTUACIONES EN CADA CASO.

Este capítulo se ha tratado ya en la 1^a Fase si bien estaba incluido como parte del entregable en esta 2^a Fase.

JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818		23/11/2023 16:09	PÁGINA 23/41
VERIFICACIÓN	PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

3. DISEÑO DEL PLAN DE RESTAURACIÓN

3.1. ADECUACIÓN GEOMORFOLOGICA

Como se dice en la sección 1.1, hay que reconstruir una geomorfología que mantenga una diversidad de geoformas, una densidad de red de drenaje similar a la actual, para evitar las interrupciones en los corredores ecológicos y favorecer la libre circulación de especies.

Como es muy posible que tras la explotación del cerro el cauce al E del cerro se desplace algunas decenas de metros hacia el W, será relativamente fácil mantener las mismas características del cauce actual e incluso mejorarlo.

Así pues, una vez explotado el cerro quedaría un amplio valle abierto hacia el SE que constaría de tres elementos principales:

- a) en una estrecha franja N podrían quedar uno dos o tres taludes (uno de 80 m, dos de unos 40 m ó bien tres de unos 27 m) que, en el caso de estar separados por uno o dos bancales horizontales, tendrían sus cotas a diferentes alturas (por ejemplo, en caso dos taludes, el superior estaría entre las cotas 420 m y 380 m y el inferior entre las cotas 380 y 340 m);
- b) en la ancha banda SW una ladera suavemente orientada al NE;
- c) en la amplia banda NE la ladera opuesta, de menor pendiente, orientada al SW.

Los elementos de los puntos b y c anteriores configuran un valle abierto hacia el SE en donde se encuentra el exotorio.

Cada uno de los elementos requiere soluciones específicas de restauración.

Para los dos o tres taludes N (el talud de 80 m se descarta por no adaptarse a la legislación vigente) se sugieren taludes de tipo Royal que permiten imitar los taludes naturales de los cerros vecinos.

Para el o los bancales o plataformas intermedias de superficie horizontal se sugiere reponer un tecnosuelo de unos 25-30 cm y plantación de matorral.

La ladera orientada al NE deberá ir recubierta por un tecnosuelo de unos 20-25 cm dado que su orientación favorable debe permitir un correcto crecimiento de la vegetación si la roca inferior es blanda. Si es dura se sugiere un espesor mayor (25-35 cm) para que la reserva hídrica cumpla los mínimos para la vegetación esteparia.

La ladera orientada al SW deberá ir recubierta por un tecnosuelo de unos 25-30 cm dado que su orientación desfavorable requiere de una superior reserva hídrica para el crecimiento vegetal si

la roca subyacente es blanda. Si es dura se recomiendan 30-35 cm de tecnosuelo para asegurar un mínimo de reserva hídrica a la vegetación esteparia de la zona.

Para evitar la erosión en laderas de más de 20 m deberán construirse terrazas o bien simples cordones con el propio substrato inerte recubierto por el tecnosuelo siguiendo curvas de nivel para frenar la escorrentía superficial (el cordón de material inerte también debe recubrirse de tecnosuelo para evitar que el agua de escorrentía se infiltre y se pierda subsuperficialmente).

3.2. DISEÑO DE LOS TECNOSUELOS PARA LA RESTAURACIÓN

Dado que la restauración de espacios degradados por actividades extractivas debería llevarse a cabo con lo que se conoce con el nombre de *tierra vegetal*, es decir la capa superficial del terreno, regolito o suelo en el mejor de los casos, procedente del decapado del terreno antes de iniciar las actividades extractivas y éste, en zonas áridas, por su escaso espesor, suele o no ser suficiente o estar degradado y con un contenido muy bajo en MO, hay que localizar un material que permita fabricar un substrato con características similares a los suelos de la zona. Afortunadamente, dentro de los perímetros de explotación de la cantera Pura, hay afloramientos de margas yesíferas del Tortoniano (Mioceno Superior) depositadas en la plataforma continental de aguas someras, con un gran contenido de sedimentos continentales. Así pues, esta marga, por sus características físicas y mineralógicas (tabla 1) puede constituir la parte inorgánica del tecnosuelo. Parte de esta tabla 1 está extraída de la tabla 1 del capítulo 1 del Informe de la fase 1.

Solo falta añadir la parte orgánica que proporcione los nutrientes esenciales a las plantas y permita el desarrollo de una estructura edáfica que facilite la transmisión de fluidos, aire y agua, esenciales para el desarrollo vegetal. La parte orgánica la aportará un compost de residuos vegetales (tabla 1), principalmente de cultivos bajo invernadero de procedencia cercana, por lo que el costo del tecnosuelo es en este caso muy asequible.

Previamente a los ensayos de campo deben hacerse pruebas con distintos tecnosuelos diseñados en el laboratorio. Para ello con las margas homogeneizadas (Fig. 1) extraídas en la zona no explotada de la cantera Pura diseñamos 12 tecnosuelos. En la tabla 1 se recogen las principales características granulométricas, pH, CE, contenido en CaCO₃ y C orgánico del material (similares a los de la tabla 1 del Capítulo 1 de la Fase 1 del Proyecto).



Fig 1.- Apilamiento de material procedente de la marga de la cantera Pura.

Tabla 1.- Propiedades esenciales de los componentes que forman los tecnosuelos.

Material	CaCO ₃	pH	CE	MO	N tot	C/N	> 2mm	arcilla	LF	LG	AF	AG	textura
	%	dS/cm	%	%		%	%	%	%	%	%	%	%
Compost < 2 mm		20.76	21	1.44	8.48		57						
Compost > 2 mm		18.01	19	0.75	14.73		43						
Marga + marina	3.2	8.6	5.91	0.66	0.03	12.40	66	2.9	53.9	27.6	13.7	2.0	franco limosa
Marga + continent.	2.3	8.2	0.60	0.78	0.03	16.74	66	5.6	56.8	26.9	9.3	1.5	franco limosa
Bentonita	0.0	8.8	0.70	0.0	0.0	-	0	52.9	13.1		33.2		arcillosa

En el diseño de tecnosuelos se trata de combinar diferentes proporciones de sus componentes, entre máximos y mínimos de tierra fina, grava-gravilla y materia orgánica. Las proporciones de bentonita, por su elevado coste relativo, son siempre bajas o nulas y oscilan entre 0% y 2%. se

Por el hecho de que para la mayoría de pruebas se utiliza solamente la tierra fina (fracción < 2 mm), se tamizó también el compost para saber la cantidad de C y N tenían sus fracciones respectivas. Es interesante resaltar que la fracción > 2 mm del compost tiene propiedades muy similares a las de la fracción < 2 mm, por lo que para los cálculos de materia orgánica a incorporar al tecnosuelo es suficiente considerar los valores promedios obtenidos con ambas fracciones y que es del 20%. Hay que señalar, sin embargo, que la riqueza en N es lógicamente superior en la fracción fina (por ser una materia orgánica más evolucionada), por lo que no sería conveniente utilizar exclusivamente la fracción gruesa de un compost tamizado.

Tabla 2.- Proporciones (%) de los diferentes componentes de los tecnosuelos ensayados.

Componentes	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Material mineral < 2mm	58	68	68	63	52.5	64.5	65	63	47	42.5	37	33
Compost	20	10	5	2	19.5	1.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1	1
Gravilla (2 mm a 2 cm)	20	20	25	33	27	33	33.5	36.5	50.5	55	60	65
Bentonita	2	2	2	2	1	1	1	0	1	1	1	1
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Una vez preparadas las mezclas (tabla 2) bien homogeneizadas en bandejas de 50 cm x 40 cm x 10 cm se procedió a humedecerlas justo por debajo de su capacidad de campo (15% de agua aproximadamente). Con una pequeña parte de cada tecnosuelo se llevaron a cabo los ensayos para conocer el comportamiento de los agregados que se forman al humedecer las mezclas (explicado más adelante). El resto se colocó en fracciones de 500 g en macetas de 0,75 L de capacidad para el test de toxicidad con especies conocidas y que suelen ser trigo, cebada y maíz. Para ello se usaron 4 macetas con 15 semillas de cada tipo para cada uno de los 12 tecnosuelos con sus correspondientes repeticiones (en total 48 macetas).

Pero antes de ensayar estos tres tipos de semilla en los tecnosuelos se procedió a hacer un test de germinación en placas Petri de 60 semillas de cada tipo para conocer la idoneidad de las semillas (tabla 3):

Tabla 3.- Ensayos de germinación en placas Petri de las tres especies utilizadas (trigo, cebada y maíz) antes de ser utilizadas en los tecnosuelos (test de toxicidad).

	Semillas utilizadas			Semillas germinadas		
	Trigo	Cebada	Maíz	Trigo	Cebada	Maíz
1ª Siembra	60	60	60	58	60	57
2ª Siembra	45	45	45	41	45	44
Total	105	105	105	99	105	101
Total gral.	315			94.29%	100.00%	96.19%

Por presentar el maíz una germinación relativamente más baja y sobre todo más tardía, se decidió utilizar en el ensayo de toxicidad de los tecnosuelos solo las semillas de trigo y cebada que, además, presentan una mayor resistencia a la sequía y a la salinidad que el maíz.

Como puede verse en la tabla 4, todos los tecnosuelos ensayados permiten la germinación de la cebada en proporciones que oscilan entre el 20.8% y el 100%. Solo T1 no ha permitido la germinación de trigo. En los demás, el trigo ha conseguido germinaciones entre el 8.3% y el

95.8%, algo inferiores a las de la cebada. De manera global se puede decir que todos los tecnosuelos excepto el T1 tienen escasa o nula toxicidad para el trigo y la cebada.

En el cómputo global de porcentajes de germinación los tecnosuelos T7, T8, T9, T10, T11 y T12 fueron superiores a los demás, por lo que se descartaron T1, T2, T3, T4, T5 y T6.

Tabla 4.- Ensayo de toxicidad en macetas de los 12 tecnosuelos en la germinación de semillas de trigo y cebada (en negrita y rojo los mejores resultados).

Tecnosuelos	Semillas utilizadas		Semillas germinadas		% semillas germinadas	
	Trigo	Cebada	Trigo	Cebada	Trigo	Cebada
T1	24	24	0	5	0.0	20.8
T2	24	24	2	15	8.3	62.5
T3	24	24	14	18	58.3	75.0
T4	24	24	7	21	29.2	87.5
T5	24	24	4	8	16.7	33.3
T6	24	24	18	18	75.0	75.0
T7	24	24	22	22	91.7	91.7
T8	24	24	20	22	83.3	91.7
T9	24	24	21	22	87.5	91.7
T10	24	24	21	24	87.5	100.0
T11	24	24	23	24	95.8	100.0
T12	24	24	23	22	95.8	91.7

< insertar Fig 2 germinación de trigo y cebada en tecnosuelos >

Además, como las proporciones relativas finos/gruesos en T7, T8 y T9 eran más teóricas que reales (la marga con la que se fabricaron los tecnosuelos tiene una proporción finos/gruesos mucho más parecida a la T12, ver tabla 1), se decidió utilizar como tecnosuelos experimentales para ensayarlos con semillas de plantas autóctonas solamente los T10, T11 y T12.

Paralelamente a los ensayos de toxicidad con trigo-cebada, se midieron también en el laboratorio la estabilidad de los agregados (ensayo de dispersión de los agregados o test de Emerson) y los límites de Atterberg (índice de plasticidad = límite de liquidez – límite de plasticidad) para conocer la susceptibilidad del tecnosuelo a formar coladas de barro (en caso de

lluvias prolongadas que casi lo saturaran de agua) y por lo tanto a ser erosionado. Para este análisis se utilizó la fracción fina de T9, T10, T11 y T12.

El test de Emerson mide el grado de dispersión de los agregados del suelo (ó tecnosuelo), entre 5 y 10 mm de diámetro, cuando estos se sumergen en agua. Hay 7 clases, desde la 1, agregados más dispersables hasta la 7, agregados más resistentes (Greenland, 1977).

Como puede comprobarse en la tabla 5 y figura 3, todos los tecnosuelos ensayados pertenecen a la clase 1, es decir la menos resistente al agua.

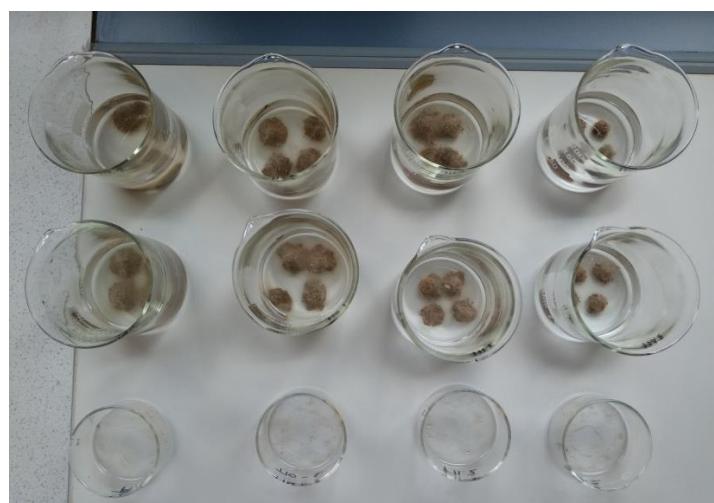


Fig 3.- Vasos de precipitados con agregados entre 5 y 10 mm de diámetro en agua destilada en proceso de dispersión.

Tabla 5.- Test de Emerson de dispersión de agregados

Tecnosuelo	Clase
T9	1*
T10	1*
T11	1*
T12	1*

* los agregados tardan menos de 150 minutos en dispersarse

Los tecnosuelos utilizados para determinar los límites de Atterberg son los mismos que los utilizados para el test de Emerson más el T7 que se incluye para incluir las diferentes proporciones de compost utilizadas (0,5%, 1% y 1,5%).



En la tabla 6 se observa que el índice de plasticidad más bajo lo tiene precisamente T7 y los más altos T10 y T11, con mayores contenidos de compost, 1,5% y 1% respectivamente. Con T9 no fue posible calcular el índice de liquidez.

Tabla 6.- Límites e índice de Atterberg (IP = LL – LP)

Tecnosuelo	LL	LP	IP
T7	$23,39 \pm 0,28$	$18,12 \pm 0,32$	5,27
T9	-	$17,82 \pm 0,31$	-
T10	$25,67 \pm 0,14$	$18,70 \pm 0,40$	6,97
T11	$25,48 \pm 0,36$	$17,78 \pm 0,22$	7,70
T12	$24,41 \pm 0,49$	$18,64 \pm 0,29$	5,77



Fig 4 cuchara de Casagrande para determinar LL

Los resultados actuales solo indican características de estructura deficientes que solo podrían compensarse con mayores contenidos de MO. Sin embargo, dado el elevado contenido de sales del compost, no es conveniente añadir mayor cantidad, como hemos comprobado en los ensayos de germinación.

Sin embargo, los resultados proporcionados por ambos tipos de test son muy similares a los obtenidos en los suelos naturales relativamente estables sobre margas del desierto de Tabernas (Cantón, 1999). Solo cuando el suelo se satura durante lluvias persistentes, los milímetros superficiales de suelo desnudo entre biocostras y/o plantas superiores son capaces de originar microcoladas de barro (indicativas de erosión). Por este motivo es importante asegurar la máxima cobertura vegetal de los suelos restaurados evitando el pisoteo humano y el paso de vehículos una vez se han establecido las biocostras (lo cual ocurre casi siempre en esta zona al cabo de unos pocos años).

A pesar de que el trigo y la cebada son tolerantes a cierto grado de salinidad, los resultados de los test de germinación (tabla 4) nos han inducido a descartar aquellos tecnosuelos con mayores porcentajes de compost, precisamente por su elevado aporte de sales (CE entre 18 y 21 dS cm⁻¹ según la tabla 1).

Así pues, los tecnosuelos que se han elegido para llevar a cabo ensayos con las semillas autóctonas recogidas en la zona de la cantera son los T10, T11 y T12, cuyos resultados se exponen en la sección 3.2.

3.2. SELECCIÓN DE LAS ESPECIES UTILIZADAS EN LA REVEGETACIÓN PARA RECUPERAR LOS ECOSISTEMAS AFECTADOS.

Dado que una gran mayoría de especies de plantas de los hábitats críticos que podrían resultar afectados por la explotación no están disponibles en viveros comerciales (las excepciones suelen ser las especies más comunes como esparto, albardín, albaida y genista), se decidió recolectar semillas en el perímetro autorizado de la cantera. Para ello, se recolectaron semillas de 48 especies (las más comunes y/o de especial protección) entre el mes de mayo 2021 y noviembre debido a su floración diferencial, se limpiaron y archivaron en una cámara frigorífica a 4°C en la EEZA. Se incluye un listado y número de semillas obtenidas de cada especie en la tabla 7. Las especies más tardías se recogieron a principios de noviembre motivo por el cual los ensayos de germinación se llevaron a partir de entonces.

Tabla 7.- Especies (nombre y cantidad) recogidas en el área de la cantera y ensayadas en los tecnosuelos (en negrita).

Especie	Nº Semillas	Sembradas en Tecnosuelos
<i>Anthyllis terniflora</i>	0	
<i>Anthyllis cytisoides</i>	338	120
<i>Atractylis cancellata</i>	102	
<i>Asphodelus tenuifolius</i>	46	
<i>Asparagus horridus</i>	0	
<i>Brachypodium distachyon</i>	300	
<i>Brachypodium retusum</i>	300	120
<i>Bromus rubens</i>	303	
<i>Capparis spinosa</i>	300	
<i>Centaurea sp (cardo amarillo)</i>	5	
<i>Dactylis glomerata</i>	300	
<i>Diplotaxis harra</i>	0	

<i>Euzomodendron bourgaeanum</i>	300	120
<i>Fagonia cretica</i>	48	
<i>Frankenia corymbosa</i>	300	
<i>Genista spartioides</i>	302	
<i>Genista umbellata</i>	301	120
<i>Hamnnada articulata</i>	360	120
<i>Helianthemum almeriense</i>	> 500	120
<i>Launaea arborescens</i>	300	120
<i>Limonium insigne</i>	347	120
<i>Lygeum spartum</i>	240	120
<i>Macrochloa tenacissima</i>	0	
<i>Maytenus senegalensis</i>	62	60
<i>Moricandia foetida</i>	300	
" sp.	300	
<i>Nerium oleander</i>	0	
<i>Olea europaea var. sylvestris</i>	76	72
<i>Phagnalon</i>	300	
<i>Phagnalon saxatile (rupestre?)</i>	300	
<i>Phlomis purpuera</i>	138	
<i>Pittatherum miliaceum</i>	600	
<i>Pistacia lentiscus</i>	0	
<i>Plantago ovata</i>	111	108
<i>Retama sphaerocarpa</i>	0	
<i>Rhamnus lycioides</i>	0	
<i>Salsola genistoides</i>	393	120
<i>Salsola oppositifolia</i>	0	
<i>Salsola papillosa</i>	300	120
<i>Sideritis sp.</i>	617	
<i>Stipa capensis</i>	17	
<i>Stipa parviflora</i>	155	
<i>Suadera vera</i>	0	
<i>Tamarix sp.</i>	0	
<i>Thymus hyemalis</i>	38	
<i>Tripidium/Saccharum ravennae</i>	0	
<i>Withania frutescens</i>	0	

Como puede verse en la tabla 7, no se consiguieron semillas de algunas especies, pero la mayoría de ellas suelen estar disponibles en viveros comerciales. Solo para un pequeño número habría que hacer una nueva campaña de recogida durante su intervalo temporal de fructificación.

Dado que el número de semillas recogidas, correspondiente a 47 especies, era demasiado elevado para ser procesado con los recursos disponibles para este proyecto (ensayos de germinación y ensayos de siembra en los tecnosuelos seleccionados en el apartado 2.2 de esta Memoria), se decidió trabajar sólo con las 14 especies más representativas y/o críticas de los hábitats estudiados (tabla 9).

Con la finalidad de conocer la proporción de semillas que germinan en estas 14 especies y comprobar las cifras que proporciona la bibliografía, se procedió a ensayos de germinación en placas Petri (tabla 8) antes de sembrarlas en los tecnosuelos seleccionados.

Tabla 8.- Porcentaje de germinación de 12* especies en placas Petri (en rojo, especies que no llegaron a germinar después de > 40 días de mantenerlas con la humedad adecuada).

SEMILLAS/ESPECIE	Nº utilizadas	Nº germinadas	% germinación
<i>Anthyllis cytisoides</i>	30	0	0.0
<i>Brachypodium distachyon</i>	30	29	96.7
<i>Euzomodendron bourgaeanum</i>	30	22	73.3
<i>Genista umbellata</i>	30	0	0.0
<i>Hamnnada articulata</i>	30	4	13.3
<i>Helianthemum almeriense</i>	30	2	6.7
<i>Launaea arborescens</i>	30	12	40.0
<i>Limonium insigne</i>	30	8	26.7
<i>Lygeum spartum</i>	30	25	83.3
<i>Plantago ovata</i>	6	0	0.0
<i>Salsola genistoides</i>	30	15	50.0
<i>Salsola papillosa</i>	30	23	76.7

* no se pusieron a germinar ni *Maytenus senegalensis* por escasez de semillas y reservarlas para los tecnosuelos ni *Olea Europaea* por su excesivamente largo tiempo de germinación.

Como puede comprobarse, los resultados de germinación de estas 14 (12) especies son satisfactorios, porque la mayoría de las especies mejor adaptadas y de más interés desde el punto de vista de la conservación germinaron en proporción muy alta o al menos suficiente, lo que indica su buen estado de salud de cara a ser sembradas en campo o en laboratorio sobre substratos

experimentales, y la viabilidad de utilizar semillas locales en la producción de plantones para restaurar. La nula germinación en 3 de ellas (*Anthyllis c.*, *Genista u.* y *Plantago o.*) no es motivo de preocupación, posiblemente por tardar más de 40 días en germinar (nº de días que se informa). Además, son especies muy comunes y suelen estar disponibles en viveros comerciales.

Se sembraron 120 semillas para cada una de las 14 especies seleccionadas (12 semillas en cada maceta de 0,75 L), excepto cuando se disponía de un menor número, en los 3 tecnosuelos seleccionados en la sección 3.1, y por cuadriplicado (4 repeticiones), se agruparon por especie en bandejas de 12 macetas, dando un total de $14 \times 3 \times 4 = 168$ macetas (Fig 5). Todas las macetas de la bandeja de *Maytenus* se monitorizan con sensores de humedad capacitivos (una medida cada 10 min), con la finalidad de saber el momento de regarlas todas con la misma cantidad de agua, con las correspondientes correcciones para que todos los tecnosuelos (tanto los que tienen mayor proporción de finos como lo que no), mantengan una humedad entre el 15% y el 20%.

En la tabla 9 se observan resultados dispares en cuanto a especies germinadas y su porcentaje. Cinco especies no han germinado todavía después de 30 días desde la siembra. Pero eso es bastante normal, las semillas de muchas especies necesitan el invierno para activarse. De las 9 restantes, 4 superan el 10% de germinación y de ellas tres superan el 40% (dos de ellas, *Euzomodendron* y *Salsola papillosa*, especies emblemáticas en la zona por su especial grado de protección, con un porcentaje de germinación superior al que indica la bibliografía). El albardín (*Lygeum spartum*) supera el 80% de germinación.

Se observa como el Tecnosuelo 12 es el que permite germinar al mayor número de especies, seguido del T10 (para *Brachypodium distachyon*, *Genista umbellata*, *Launea arborescens*, *Salsola papillosa*).

Este experimento se pretende continuar más allá de la duración del contrato que se informa con la finalidad de conocer el grado de evolución de las plantas (supervivencia y crecimiento en el tiempo).

Tabla 9.- Total de semillas germinadas en los tecnosuelos seleccionados T10, T11 y T12 (en rojo las no germinadas a los 30 días y en azul los tecnosuelos con mayor porcentaje de germinación).

SEMIILLAS/ESPECIE	n utilizadas	n germinadas	% germinación
<i>Anthyllis cytisoides</i>	120	0	0.0
<i>Brachypodium distachyon</i>	120	5	4.2 (T10 > T11 < T12)
<i>Euzomodendron bourgaeanum</i>	120	51	42.5 (T10 < T11 < T12)
<i>Genista umbellata</i>	120	2	1.7 (T10)
<i>Hammada articulata</i>	120	5	4.2 (T10 > T11 < T12)

<i>Helianthemum almeriense</i>	120	0	0.0
<i>Launaea arborescens</i>	120	10	8.3 (T10 > T11 < T12)
<i>Limonium insigne</i>	120	20	16.7 (T10 < T11 < T12)
<i>Lygeum spartum</i>	120	97	80.8 (T10 < T11 < T12)
<i>Maytenus senegalensis</i>	62	0	0.0
<i>Olea europaea var. sylvestris</i>	76	0	0.0
<i>Plantago ovata</i>	111	0	0.0
<i>Salsola genistoides</i>	120	7	5.8 (T10 = T11 < T12)
<i>Salsola papillosa</i>	120	52	43.3 (T10 = T11 > T12)



Fig. 5.- Imagen izquierda: vista parcial de las macetas de germinación y crecimiento de 14 especies de plantas autóctonas. Las macetas están agrupadas en bandejas de 12 macetas con un solo tipo de especie vegetal, 3 diferentes tipos de tecnosuelo y cuatro repeticiones. Imagen de la izquierda: macetas de algunas especies previamente germinadas en placas Petri y trasplantadas a los tecnosuelos (experimento complementario al anterior y no informado).

3.3. RECOMENDACIONES PARA LA PREPARACIÓN DEL TERRENO Y RECONSTRUCCIÓN DEL SUELO,

Como ya se ha indicado en el apartado 3.1, se procede en tres etapas:

- a) Adecuación, restitución y/o modelado según los principios esbozados en la sección 3.1 con maquinaria de la propia cantera para favorecer la captación e infiltración de agua tanto para la

supervivencia y crecimiento de la vegetación plantada y minimizar la erosión, como para favorecer la recarga del acuífero del Andarax o acuíferos asociados;

- b) Preparación de la tierra vegetal (material superficial apartado previamente a las labores extractivas) y/o tecnosuelo (material geológico blando tipo marga o equivalente al que se le habrá añadido un contenido suficiente de materia orgánica económica y ecológicamente viable (compost de residuos vegetales, de EDAR, etc.) y de calidad suficiente para el establecimiento y desarrollo de la vegetación; se calculará un volumen equivalente para cubrir con 20 a 35 cm de material la superficie a restaurar;
- c) Colocación de la tierra vegetal y/o tecnosuelo sobre el o las áreas a restaurar.

3.4. PROTOCOLO DE FABRICACIÓN EN CAMPO DE TECNOSUELOS O SUBSTRATOS DE RESTAURACIÓN

Se presentan dos casos extremos según la naturaleza del substrato a restaurar y que corresponden a los dos tipos de substrato presentes en la cantera Pura, zonas de ampliación y alrededores:

A. Substrato duro (caliza-dolomía)

1. La preparación o fabricación del tecnosuelo se realizará sobre un terreno llano o lo más llano posible.
2. Apilar la parte mineral (de forma aproximadamente cónica) según los siguientes volúmenes o pesos (considerando que la marga tiene una Da de 1,3 kg/L (muy parecida a la mayoría de los suelos)):

Cono de 10 m (5 m de radio): volumen 26 m³, peso 34 t

Cono de 20 m (10 m de radio): volumen 104 m³, peso 135 t

Cono de 40 m (20 m de radio): volumen 418 m³, peso 543 t

3. Añadir encima de la pila de material inorgánico las cantidades de material orgánico (compost con un 20% de materia orgánica útil y una Da de 0,6 kg/L) entre un mínimo de 0,5% de MO (2,5% compost) y un máximo de 1,5% de MO (7,5% compost):
. al cono de 10 m diámetro: **1,3 m³ (1 t)** si 0,5% MO (2,5% compost) o bien **3,9 m³ (3 t)** si 1,5% MO (7,5% compost).

- . al cono de 20 m diádm.: **5,2 m³ (4 t)** si 0,5% MO (2,5 % compost) o bien **15,6 m³ (12 t)** si 1,5% MO (7,5% compost).
 - . al cono de 40 m diam.: **40,3 m³ (31 t)** si 0,5% MO (2,5% compost) o bien **155 m³ (93 t)** si 1,5% MO (7,5% compost).
4. Mezclar bien con la pala de la retroexcavadora hasta dejar una mezcla lo más homogénea posible.
 5. Extender el tecnosuelo sobre el terreno “duro” hasta conseguir un espesor del mismo entre 20 y 35 cm (según topografía y tipo de substrato subyacente). Un apilamiento cónico de 10 m de diámetro (**40 t**) permite recubrir entre **294 m²** y **164 m²** según el espesor sea de 10 ó 20 cm. Uno de 20 m de diámetro (**157 t**) cubrirá entre **1200 m²** y **650 m²**, y uno de 40 m diámetro (**628 t**) cubrirá entre **4700 m²** y **2600 m²**.

B. Substrato blando (marga o margo-caliza)

1. Con un ripper subsolar a una profundidad de 10 a 20 cm siguiendo una red virtual perpendicular (malla de 1 m) con la finalidad de ablandar el terreno.
2. Añadir el compost al substrato margoso con la pala de la retroexcavadora y homogeneizarlo con su peine. Para que el tecnosuelo tenga una proporción entre 0,5% y 1,5% de materia orgánica (1 m³ de compost pesa 0,6 t) y considerando que el compost tiene una riqueza en MO del 20%, habrá que aplicar los siguientes volúmenes para las siguientes superficies y para dosis de MO entre 0,5 y 1,5%.
 - 1 m² = 2,5 a 7,5 kg de compost (4 L a 12 L),
 - 100 m² = 0,25 t a 0,75 t de compost (0,4 a 1,2 m³),
 - 1000 m² = 2,5 t a 7,5 t de compost (4 a 12 m³),
 - 1 ha = 25 t a 75 t de compost (40 a 120 m³).

3.4. PROCEDIMIENTO PARA LA COLOCACIÓN Y CUIDADO DE LOS PLANTONES DE LAS ESPECIES ELEGIDAS. ENSAYO EXPERIMENTAL PREVIO.

Una vez tengamos la topografía suavizada final recubierta por el tecnosuelo, se procede a sembrar o plantar las especies elegidas, preferentemente justo antes o durante la estación más húmeda, normalmente otoño-invierno. En el caso de una prueba piloto sobre unos cientos o miles de metros cuadrados y, en el hipotético caso de que dispusiéramos de agua abundante, se podría sembrar en cualquier época, siendo siempre recomendable evitar los meses más secos (en general y en el SE peninsular junio, julio y agosto). Para el pronto desarrollo de una cobertura estable es

VERIFICACIÓN	JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818 PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B	23/11/2023 16:09 https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	PÁGINA 37/41
--------------	---	---	--------------

aconsejable utilizar plantones obtenidos de viveros comerciales o cultivados en el vivero de la propia cantera. Empezaremos por las especies que recubren mayoritariamente las zonas proyectadas para explotar (nuestro caso) o bien de alrededor de las zonas ya explotadas de la cantera (en nuestro caso coinciden con las anteriores). Estas suelen ser el esparto (*Macrochloa tenacissima*), en las partes con influencia de la roca calizo-dolomítica y que suele coincidir con las zonas altas tanto de cuencas como de laderas, y albardín (*Lygeum spartum*) en las zonas con influencia de las margas yesíferas (y también partes bajas de cuencas y laderas). Estas especies son las mejor adaptadas a la zona y las que proporcionan un mejor grado de cobertura. Especialmente en el primer caso se pueden intercalar algunos plantones de *Anthyllis cytisoides*, *Anthyllis terniflora*, *Genista umbelata* y otras como las especificadas en el apartado 1.3. El esquema de plantación a seguir para tratar en cierta manera de recomponer los hábitats (o mejor dicho parte de ellos) que se han suprimido por la explotación, sería que las plantas del hábitat 6220 ocuparan las partes altas (esparto, genista umbelata, albaida, euzomodendron) y dentro de ellas la albaida y la genista donde haya llanos relativos y más suelo y la genistoides y el esparto donde haya más pendiente y menos suelo. En las partes bajas, donde se instalaría el hábitat 1510 se plantaría albardín, anabasis, salsola papillosa, launea, limonium y salsola genistoides.

De todas maneras, como el tecnosuelo ensayado es especialmente apto para el hábitat 1510, en caso de que se mezclaran durante la plantación las especies de los dos hábitats, es muy posible que la evolución normal de las plantas y del suelo permita la individualización o bien la sobreposición de hábitats, incluso el predominio de uno sobre otro según los microclimas de la zona restaurada.

Los plantones se plantan al tresbolillo o con un marco de plantación irregular con la finalidad de no dejar líneas de máxima pendiente de > 5 m descubiertas. En las zonas de pendientes superiores a 8° es recomendable dejar un pequeño alcorque en cada planta que sirva para acumular agua de lluvia y/o escorrentía superficial. La densidad de plantación suele oscilar entre 0,1 y 0,5 plantón/m² (1000 a 5.000 /ha). Si en el momento de la plantación el contenido de agua del suelo es inferior al 50% de su capacidad de campo, debe darse un riego de establecimiento. Para zonas piloto en donde el riego se vaya a dar con manguera, conviene arrastrar la boca de la manguera por el suelo mientras fluye el agua, no levantarla nunca a la altura de la mano del operario que riega para que la caída del agua sobre el suelo no lo apelmace y deje la superficie sellada, ni dejar demasiado tiempo la manguera en un solo sitio. Hay que recordar que un tecnosuelo no tiene todavía una estructura estable y por lo tanto es susceptible de dispersarse y dificultar la circulación del agua a través de sus poros. Lo ideal es el riego por aspersión con tamaños de gota no superiores a 1 mm que imita lluvia no erosiva lo que permite humedecer toda la superficie del suelo y permitir la infiltración. Este humedecimiento integral similar a la lluvia facilita, además, el crecimiento de vegetación espontánea que, lejos de competir por los

nutrientes con la plantada, proporciona una rápida cobertura antierosiva a la vez que, por ser plantas de corta duración, fijan CO₂ y enriquecen al suelo de M.O. con sus raíces.

Es recomendable dar un riego semanal o quincenal, según se observe el estado de la vegetación, durante los períodos sin lluvia hasta que los plantones se hayan aclimatado y empiecen a desarrollarse. Después del primer verano después de la plantación con este plan de riegos, estos pueden espaciarse o incluso suprimirse por completo.

3.6. COMPROBACIONES PARA VERIFICAR QUE LA CONECTIVIDAD ECOLÓGICA Y LA FUNCIONALIDAD DEL ECOSISTEMA ESTÁN EN VÍAS DE RECUPERACIÓN Y QUE SE HAN APLICADO TODAS LAS ACTUACIONES DETERMINADAS EN LA SECCIÓN 2.1.

Este apartado está supeditado a la disponibilidad de personal y tiempo dado que es un ensayo de largo plazo que excede ampliamente la duración de este Proyecto. El primer paso para asegurar la biodiversidad del ecosistema es que este sea totalmente funcional y haya empezado a desarrollar comunidades microbianas y fúngicas que tienen un importantísimo papel en el desarrollo y mantenimiento de la calidad, la salud y fertilidad del suelo por estar directamente relacionados con la disponibilidad y movilidad de nutrientes, proporcionan estructura porque sus productos de desecho ayudan a proporcionar “pegamentos” entre las partículas minerales, sobre todo las arcillas y la materia orgánica en descomposición, contribuyen a degradar contaminantes orgánicos y favorecen la fijación de carbono en el suelo. Muchos de ellos permiten la vida de los microatrópodos que son los principales descomponedores de los restos vegetales iniciándose una cadena de meso y macroorganismos que configuran la biodiversidad y salud del ecosistema. Sin un suelo (tecnosuelo) sano, no puede haber una gran biodiversidad.

Agradecimientos

Se agradece especialmente a los técnicos de laboratorio Domingo Alvarez, Olga Corona y Montse Guerrero el minucioso trabajo de limpiar y catalogar las semillas. A Montse Guerrero su ayuda en algunos análisis de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

Albarrache, M.E. et al. 2018. Guía para la rehabilitación de huecos mineros con residuos de construcción y demolición (RCD). Ministerio para la Transición Ecológica. 311 p.

VERIFICACIÓN	JOAQUIN CABRERIZO FERNANDEZ cert. elec. repr. B04117818 PEGVELPRPNBU9SBG9PQ6TGLBUUGC8B	23/11/2023 16:09 https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	PÁGINA 39/41
--------------	---	---	--------------

- Arival (Asociación de empresas de áridos de la Comunidad Valenciana). 2015. <https://arival.org/index.php/arival-fomenta-usos-alternativos-para-la-rehabilitacion-medioambiental-de-las-canteras/>
- Ayala, F.J., Vadillo, L., et al. 1989. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. ITGME, Madrid, 321 p.
- Barrow, C.J. 1991. Land degradation. Development and breakdown of terrestrial environments. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 305 p.
- Beseler Soto, C., Bofías Aledo, M.D., Gil Monteso, C., Hurtado Picó, I. 2018. State of the Art of mine restoration techniques. Memoria Proyecto *LIFE16 ENV/ES/000159 TECMINE*.
- Boletín Oficial del Estado. 1990. Orden de 16 de Abril por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del capítulo VII del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera. BOE 30/04/1990, pp 11702-11709.
- Bradshaw, A.D. y Chadwick, M.J. 1980, The restoration of land. The ecology and reclamation of derelict and degraded land. Blackwell, Oxford, UK.
- Carrillo Reina, C.M. 2007. Ecología, morfología y fisiología de una especie de ave subdesértica: Bucanetes githagineus. Tesis Doctoral UAL (dir. Eulalia Moreno y Andrés Barbosa, EEZA-CSIC).
- Comisión Europea. 2011. Extracción mineral no energética y Natura 2000. Documento de orientación. Unión Europea, Oficina de Publicaciones. 158 p.
- Consejería de Empleo, Empresa y Comercio. 2014. Estrategia minera de Andalucía. Junta de Andalucía, Sevilla, 78 p.
- Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, Hallett JG, Eisenberg C, Guariguata MR, Liu J, Hua F, Echeverría C, Gonzales E, Shaw N, Decler K, Dixon KW. 2019. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. Restoration Ecology S1-S46.
- GeoFluv. 2012. <http://www.geofluv.com/home.html/>
- Greenland, D.J. 1977. Soil damage by intensive arable cultivation: temporary or permanent? Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, 281: 193-208.
- Gunn, J., Bailey, D. 1993. Limestone quarrying and quarry reclamation in Britain. Environmental Geology, 21: 167-172.
- Hanxun, W., Bin, Z., Xueliang, B., Lei, S. 2018. A novel environmental restoration method for an abandoned limestone quarry with a deep open pit and steep palisades: a case study. Royal society Open Science. <https://doi.org/10.1098/rsos.180365>

Jorba, M. y Vallejo, R.V. 2007. Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo. Direcció General de Qualitat Ambiental. Àrea d'Avaluació i Restauració d'Activitats Extractives. Generalitat de Catalunya. 108 p.

Lintukangas, M., Suihkonen, A., Salomäki, P. y Selonen, O. 2012. Post-mining solutions for natural stone quarries. Journal of Mining Science, 48: 123-134.
<http://doi.org/10.1134/S1062739148010145>

Luaces Frades, C. 2018. El secot de los áridos y la biodiversidad. Rumbo 20.30. CONAMA 2018 (Congreso Nacional de Medio Ambiente), pp 1-14.

Martín Duque, J.F., de Alba, S., Barbero, F. 2011. Consideraciones geomorfológicas e hidrológicas. En Valladares, F., Balaguer, L., Mola, I., Escudero, A., Alfaya, V. (eds): Restauración Ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. Bases científicas para soluciones técnicas. Fundación Biodiversidad, Madrid.

Martín Duque, J.F., M. Tejedor, Martín-Moreno. C., Nicolau, J.M., Zapico, I. 2019. Geomorphic rehabilitation in Europe: recognition as best available technology and its role in LIFE projects. En Fournie, A.B. y Tibbett, M. (eds) Mine Closure. Australian Centre for Geomechanics.
http://doi.org/10.36487/ACG_rep/1915_12_Duque

Natural Regrade. <http://www.carlsonsw.com/>

Navarro, J.A. (coord.), Goberna, M., González-Barberá, G., Castillo, V., Verdú, M. 2017. Restauración ecológica en ambientes semiáridos. Recuperar las interacciones biológicas y las funciones ecosistémicas. CSIC, Madrid, 158 p.
http://libros.csic.es/product_info.php?products_id=1109

Parque de esculturas La Palomba. <https://www.hisour.com/es/sculpture-park-la-palomba-matera-italy-56254/>

Rodriguez Alvarez. 2015. Actualización del plan de restauración y explotación de la cantera Clot d'en Dalmau del Municipio de Calvià, Illes Balears. 177 p.

Royal, P. 1995. Le talus Royal®. <https://www.2g.fr/talus-royal>