

Gestión y restauración de zonas de préstamos y vertederos en obras civiles

MARÍA JOSÉ CARRASCO GARCÍA (*), ÁLVARO ENRÍQUEZ DE SALAMANCA (*),
JUAN MANUEL VARELA NIETO (***) y FERNANDO MAGDALENO MAS (**)

RESUMEN En el pasado, el diseño de infraestructuras contemplaba la compensación entre los volúmenes de tierras excavados y aportados. Sin embargo, al aumentar la complejidad de las obras, los requisitos de calidad de materiales, y la rigidez de los parámetros de diseño, las posibilidades de optimizar los balances de tierras se han reducido. Además, con la actual maquinaria, el movimiento de tierras no supone un problema. La consecuencia es un aumento de las necesidades de materiales externos y de sobrantes. La integración ambiental de préstamos y vertederos en la planificación de obras civiles es aún una asignatura pendiente, pese a que en algunos casos sus efectos ambientales pueden superar a los de la propia obra. Las afecciones pueden minimizarse con una adecuada selección de ubicaciones y una explotación y restauración planificadas y orientadas a la recuperación. En este artículo se analizan los factores que dan lugar a la aparición de un déficit o exceso de tierras, las posibilidades de actuación para reducir los movimientos de tierras y su descompensación, los criterios para la selección de zonas de préstamo y vertedero, su análisis ambiental, la tramitación ambiental y las técnicas de explotación y restauración.

MANAGEMENT AND RESTORATION OF SOIL EXTRACTION AND LANDFILL AREAS IN CIVIL WORKS

ABSTRACT For years, the design of infrastructures provided compensation between excavated and contributed land volumes, but the increasing complexity of the works, the quality requirements of the materials, and the rigidity of the design parameters, have reduced the possibilities to optimize the land balance. Furthermore, with the current machinery, land moving is not a problem. The result is an increase in the requirements of external materials and surpluses. The environmental integration of land-loans and landfills in the planning of civil works is still unfulfilled, although in some cases it could outweigh the environmental effects of the works. The impacts can be minimized with a proper selection of the locations, and a careful operation and restoration plan. This paper discusses the factors leading to the emergence of a land deficit or excess, the possibilities for action to reduce earthworks and decompensation, the criteria for selecting areas of land-loans and landfill, the environmental analysis and authorizations, and the exploitation and restoration techniques.

Palabras clave: Préstamos, Vertederos, Obra civil.

Keywords: Land-loans, Landfill, Civil works.

1. INTRODUCCIÓN

Las obras civiles forman parte de nuestra cultura, de nuestro paisaje y de nuestra economía. Nos acompañan desde tiempos inmemoriales, y de su existencia e importancia dependen en gran medida nuestro nivel de desarrollo y bienestar.

Durante siglos, la ejecución de las obras civiles se basó en el trabajo físico; aunque la mano de obra pudiera ser abundante, la capacidad humana de trabajo y la energía disponible para la transformación del medio eran limitadas. Las obras civiles buscaban lograr sus objetivos con un gasto energético bajo y una mínima transformación del paisaje.

El descubrimiento de nuevas fuentes de energía permitió el desarrollo de maquinaria, lo que dio lugar a la revolución industrial. A lo largo del siglo XX se fue desarrollando la maquinaria de obras públicas, que se fue generalizando, alcanzando un enorme desarrollo y pasando a estar al alcance de todas las obras. La demanda social de mejores infraestructuras, el desarrollo urbano y la fuerte inversión pública permiten generalizar el empleo de esta maquinaria, con una gran capacidad energética y de transformación. Ya no se prima adaptar las obras al medio, sino a las necesidades de los usuarios, cada día más exigentes.

Las nuevas infraestructuras cada día son más sofisticadas, y también más exigentes en sus requisitos constructivos. Además, ya no es preciso adaptar las obras al terreno: se puede adaptar el terreno a las obras. Como consecuencia de estos cambios, la descompensación en las tierras pasa a ser frecuente, y la necesidad de zonas de préstamo y vertedero se convierte en un elemento común en la mayoría de las obras civiles.

(*) DRABA Ingeniería y Consultoría Medioambiental, S.L.

(**) Área de Ingeniería Ambiental. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).



FIGURA 1. Calzada romana en el Puerto de la Fuenfría (Madrid).



FIGURA 2. Motoniveladora Caterpillar, de 533 caballos, 62.456 kg de peso y 16 m de longitud (Fotografía: Caterpillar).

2. FACTORES CONDICIONANTES DEL DÉFICIT O EXCESO DE TIERRAS

Las necesidades de préstamos y vertederos están determinadas por el balance de tierras de la obra, definido por las necesidades de tierras y los sobrantes generados. Son diversos los factores que influyen en el balance de tierras: técnicos, económicos, políticos o ambientales. Entre los principales aspectos condicionantes se cuentan:

- **Tipo de actuación y criterios de diseño.** La tipología de actuación prevista y los parámetros básicos de proyecto, condicionan la flexibilidad del diseño y, con ello, su capacidad de adaptarse al relieve, factor que a su vez es el principal determinante de los movimientos de tierras. Las exigencias geométricas o de trazado de una determinada actuación tienen una doble componente, técnica y política.
- **Aspectos económicos.** Cuanto más rígidos y exigentes son los parámetros adoptados en el diseño de una infraestructura, más cara resultará su ejecución. Por tanto, la disponibilidad económica, o la capacidad inversora de las Administraciones o de concesionarios, determinarán en gran medida las posibles soluciones a adoptar.
- **Naturaleza y características del sustrato.** Un factor determinante en los balances finales de tierras de la obra, y con ello en las necesidades de préstamos y vertederos, es la naturaleza y características del sustrato donde se asentará la obra. De nada servirá compensar

los volúmenes si los materiales excavados no resultan aptos para su empleo.

- **Tramificación de las obras.** Un problema en la planificación de infraestructuras lineales, sobre todo si son de gran longitud, es la tramificación, que puede dar lugar a fuertes descompensaciones en los volúmenes de tierras a la hora de ejecutar las obras.
- **Reposición de caminos y servicios.** Las autovías, autopistas, y líneas de ferrocarril, tienen que reponer los caminos interceptados con pasos a desnivel, superiores o inferiores, que pueden exigir ajustes en la rasante.
- **Disponibilidad de ubicaciones próximas.** Si los materiales geológicos de una zona no son aptos para rellenos, o no es posible su explotación por motivos ambientales, resultará preciso recurrir a préstamos alejados. El transporte encarece el precio de las tierras, siendo un condicionante suficiente para minimizar las necesidades de aportes.
- **Normativa ambiental aplicable.** El empleo de préstamos y vertederos es tanto más frecuente cuanto más fácil resulta su apertura o autorización, y ésta depende en gran medida de la normativa ambiental de aplicación.
- **Sensibilidad respecto al medio ambiente.** La sensibilidad ambiental de las personas implicadas en el diseño y aprobación de una obra civil influye de manera determinante.



FIGURA 3. Préstamos junto a las obras abaratan el coste de obtención de materiales, hacen menos rentable la estabilización y desincentivan la optimización de balances.



FIGURA 4. La existencia de sustratos desfavorables, como los yesíferos en este desmonte, condiciona el aprovechamiento de los materiales.

3. OPTIMIZACIÓN DE LOS BALANCES DE TIERRAS

Desde el punto de vista ambiental, el empleo de préstamos y vertederos en una obra debería ser la última solución, una vez descartadas otras opciones menos impactantes. Como primer paso se deberían optimizar los balances de tierras, de manera que las necesidades finales de materiales externos y la generación de sobrantes fuera mínima. Existen diversas actuaciones y medidas que pueden ayudar a optimizar los balances de tierras, y con ello a reducir las necesidades de zonas de préstamos y vertederos:

- **Planificación ajustada a la ejecución de las obras.** Es preciso diseñar los trazados pensando en los futuros tramos de obras, para ajustar los balances de tierras.
- **Tramificación tendente a la compensación.** En la división en tramos de grandes obras se debe tener en consideración la compensación de las tierras.

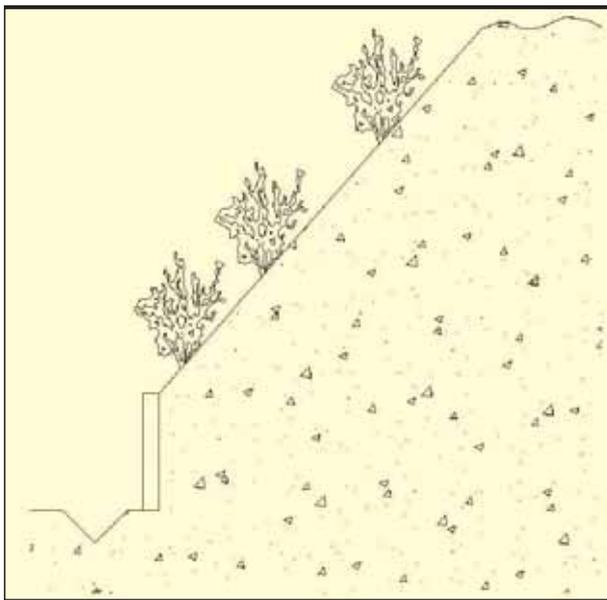


FIGURA 5. Muro a pie de desmonte.

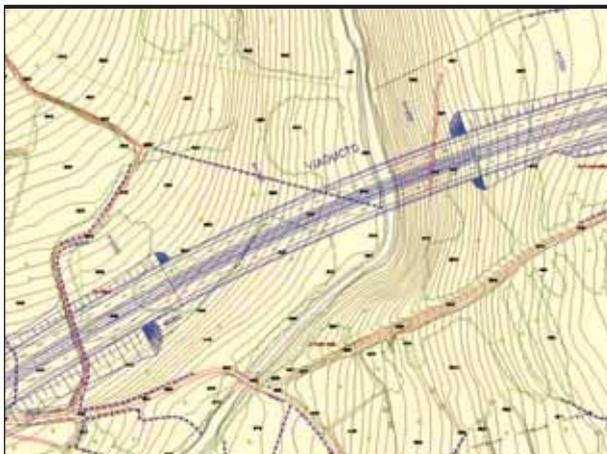


FIGURA 6. Viaducto exigido por una declaración de impacto ambiental, para eliminar un fuerte terraplén.

- **Organización en la adjudicación y gestión de las obras.** Buena parte de las necesidades de préstamos y vertederos podría solventarse, en infraestructuras lineales, coordinando la ejecución de los diferentes tramos de obra, o con otras obras próximas.
- **Ajuste de los parámetros de diseño.** Cuando exista una fuerte descompensación de tierras puede ser preciso replantear los parámetros básicos de diseño.
- **Ajustes en planta.** Pequeños ajustes en planta pueden mejorar el balance de tierras.
- **Ajustes en alzado.** Un buen ajuste en alzado de un trazado puede ser muy efectivo para mejorar el balance de tierras.
- **Ajustes en las secciones transversales.** Otra forma de actuar sobre los balances de tierra son los ajustes transversales. Se puede variar la pendiente de los taludes para incrementar o reducir aportes o excavaciones. Son ejemplos importantes los espaldones en terraplenes y los muros, a pie de talud, en desmontes.
- **Diseño de túneles, falsos túneles o viaductos.** Pueden ser una buena solución para reducir movimientos de tierras, con otras ventajas, como reducir la ocupación, los impactos visuales y la fragmentación de hábitats. Sus inconvenientes son el coste, condicionar el ritmo de la obra y en ocasiones generar mayor descompensación.
- **Adecuación de materiales excavados.** Una solución muy adecuada desde el punto de vista ambiental es la estabilización de materiales, para su reutilización cuando sea posible.
- **Reciclado de firmes, zahorras y áridos para hormigones.** El reciclado de firmes está ya muy generalizado. Más reciente es el reciclado de zahorras y áridos para hormigones.
- **Valoración de costes indirectos y externos.** La inadecuada valoración que se hace de los costes de préstamos y vertederos hace que resulten muy competitivos. Una adecuada valoración de la restauración, a menudo muy deficiente, y de los costes externos, supondría una ventaja para otras soluciones ambientalmente más favorables.



FIGURA 7. Falso túnel en una autovía, recuperado como zona verde y deportiva.



FIGURA 8. Zona de extracción abandonada, muy favorable para su relleno y recuperación. Badajoz.



FIGURA 9. Obras de sellado de un vertedero de residuos sólidos urbanos. Alicante.

4. SELECCIÓN DE UBICACIONES

4.1. FACTORES CONDICIONANTES DE LA UBICACIÓN

La ubicación de préstamos y vertederos influye en los costes de la obra, sobre todo por el precio del transporte de los materiales, y puede obligar a reducir los volúmenes deficitarios o excedentarios. La optimización de balances y la búsqueda de ubicaciones avanzan en paralelo y se condicionan mutuamente, por el gran peso de los factores económicos en la toma de decisiones. Varios factores condicionan la ubicación de préstamos y vertederos:

- *Distancia a la obra*
- *Características geotécnicas de los terrenos*
- *Estabilidad de los terrenos*
- *Riesgo de contaminación*
- *Valores ambientales*
- *Forma de explotación*
- *Viabilidad de los itinerarios*
- *Limitaciones legales*

4.2. ZONAS PREFERENTES DE ORIGEN Y DESTINO

Existen zonas donde la extracción o vertido supone unos efectos ambientales mínimos, o incluso positivos, por lo que su selección será preferente a la de cualquier otro territorio



FIGURA 10. Coincidencia espacial de obras de urbanización e infraestructuras: Ensanche de Vallecas, M-45, M-50, A-4 y LAV Madrid-Barcelona. Madrid.



FIGURA 11. Zona de extracción donde ha comenzado la recuperación espontánea. Se debe valorar la conveniencia de su empleo como zona de vertido. Santiago de Compostela.

aunque su capacidad de acogida sea alta. Entre estas zonas preferentes de origen o destino, suelen encontrarse:

Zonas preferentes para extracción

- *Obras con excedentes de materiales*
- *Zonas de extracción activas autorizadas*
- *Zonas de extracción abandonadas*
- *Obras previstas*

Zonas preferentes para vertido

- *Obras con déficit de materiales*
- *Zonas de vertido autorizadas*
- *Zonas de extracción*
- *Obras previstas*
- *Enlaces e isletas*

4.3. SELECCIÓN DE ZONAS POSIBLES

Para la selección de zonas posibles de préstamo y vertedero se debe seguir un proceso operativo que considere:

- **Definición del área de estudio.** El área de estudio estará condicionada por aspectos funcionales (distancia a la obra, accesibilidad), geológicos (características de los materiales) y ambientales (valores ambientales existentes en la comarca).

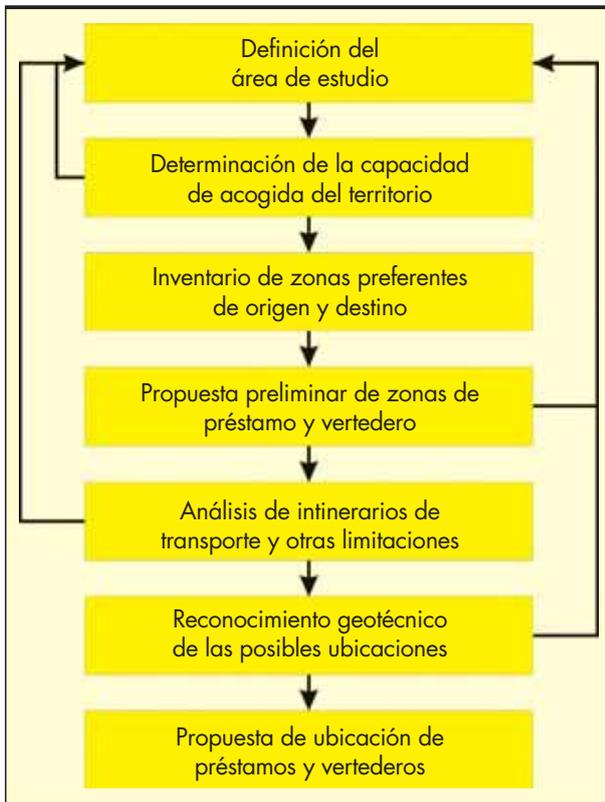


FIGURA 13. Esquema del proceso de búsqueda de ubicaciones para préstamos y vertederos.

- **Determinación de la capacidad de acogida del territorio.** Para determinar la capacidad de acogida del territorio es preciso considerar los factores del medio físico, biológico y humano que puedan suponer una limitación. Partiendo de cartografía temática de los factores considerados, se procederá a su valoración y a la obtención de una cartografía de síntesis sobre la capacidad de acogida del territorio para préstamos y vertederos.
- **Inventario de zonas preferentes de origen y destino.** De acuerdo con los criterios anteriormente expuestos, se elabora también cartografía de las zonas preferentes de origen y destino, y se verifica su capacidad de acogida, ya que zonas potencialmente aptas pueden presentar limitaciones (como la colonización de canteras por aves).
- **Propuesta preliminar de zonas de préstamos y vertederos.** Considerando la aptitud geotécnica de los terrenos, la capacidad de acogida del territorio y las zonas preferentes de origen y destino, y por medio de la intersección de las diferentes capas cartográficas, se procede a la delimitación de posibles zonas de préstamos y vertederos, primando la cercanía a las obras y su buena accesibilidad.
- **Itinerarios de transporte y otras limitaciones.** Para las distintas ubicaciones propuestas deberá verificarse la existencia de itinerarios viables de transporte a la zona de obras, y la ausencia de limitaciones que puedan condicionar su uso.
- **Reconocimiento geotécnico.** La aptitud geotécnica de los terrenos puede apoyarse en cartografía geológica, con

escasa precisión. Para asegurar la viabilidad de las ubicaciones se deben realizar sondeos que aporten datos concretos de la calidad de los materiales y las existencias disponibles. Esta fase suele posponerse en el tiempo, hasta la redacción de los proyectos de construcción, lo que puede acarrear problemas de viabilidad de las ubicaciones surgidos con posterioridad a la evaluación ambiental.

- **Propuesta de ubicación.** Con toda la información recopilada se realiza una propuesta final de zonas de préstamo y vertedero, viable y acorde con las necesidades de la obra.

5. ANÁLISIS AMBIENTAL

Una vez seleccionadas las potenciales ubicaciones es preciso realizar un análisis ambiental o, en los casos precisos, un estudio de impacto ambiental, que considere en detalle las afecciones generadas por las zonas de préstamo o vertedero, y compare las distintas soluciones posibles. Es preciso diferenciar entre un análisis o evaluación ambiental, y un procedimiento reglado de evaluación de impacto ambiental.

La evaluación de impacto ambiental es un procedimiento administrativo reglado, con algunas diferencias tipológicas que dependen de la Administración competente (algunas comunidades autónomas tienen procedimientos ordinarios y simplificados, con diferente alcance), y cuya necesidad viene determinada por la aplicación de la normativa vigente, como se comenta en el siguiente capítulo, sobre tramitación ambiental.

Un análisis ambiental es un procedimiento destinado a identificar los recursos naturales, sociales y culturales existentes en un área concreta, determinar su posible afección por una actuación, valorar los efectos generados, comparar alternativas para la misma actuación, proponer medidas de protección o corrección y, en conclusión, determinar la viabilidad ambiental de la actuación analizada.

Cuando este análisis se enmarca en un procedimiento de evaluación de impacto ambiental se traduce en un estudio de impacto ambiental, que servirá de herramienta en el procedimiento administrativo. Pero la ausencia de ese procedimiento no excluye la realización de un análisis de las repercusiones ambientales, fundamental para corregir problemas ambientales antes de que se generen y prever las medidas de corrección necesarias. Por tanto, en todos los casos se debería incluir un análisis ambiental, o estudio de impacto ambiental, de las zonas propuestas, con independencia de la tramitación administrativa que precisen las zonas de préstamo y vertedero para su autorización.

6. TRAMITACIÓN AMBIENTAL

Puede entenderse como tramitación ambiental el procedimiento administrativo que lleva a la autorización, a efectos ambientales, de un préstamo o de un vertedero asociado a una obra civil. Los pasos para completar esta tramitación se encuentran confusos al no existir, por lo general, líneas de actuación o criterios comunes en las propias Administraciones que han de autorizar ambientalmente estas actuaciones, ni tampoco en la manera de enfocar la inclusión de las mismas en los documentos de planificación por parte de los promotores.

En algunos casos, los promotores definen préstamos y vertederos y realizan su evaluación ambiental junto a la propia obra civil, sobre todo cuando un determinado proyecto se encuentra sometido a un procedimiento de evaluación de impacto

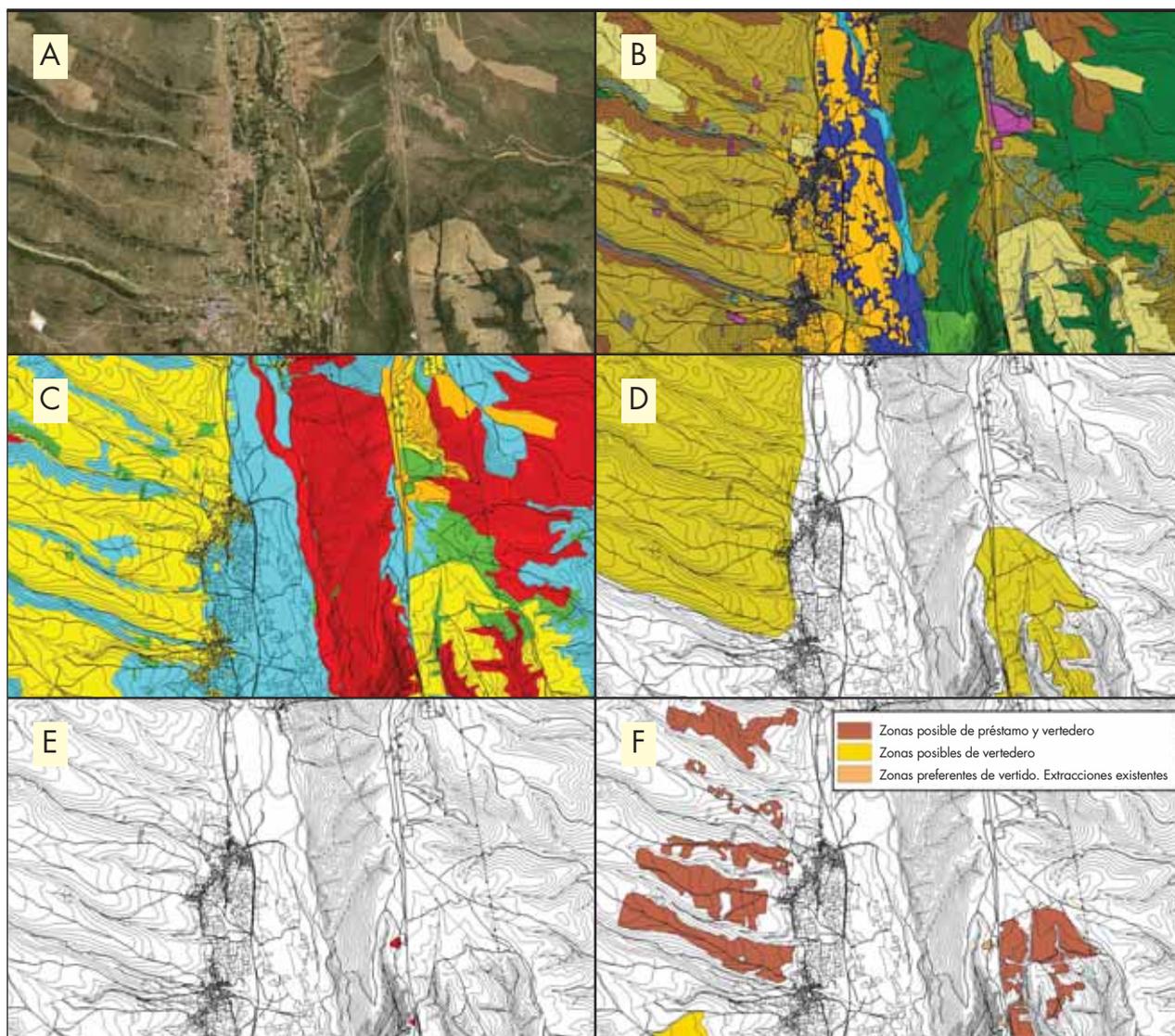


FIGURA 13. Etapas para la selección preliminar de zonas de préstamos y vertederos. A - Ortofoto. B - Cartografía temática. C - Cartografía de capacidad de acogida del territorio. D - Áreas geológicamente aptas para préstamos. E - Zonas preferentes de extracción y vertido. F - Propuesta preliminar de zonas.

ambiental. La tramitación ambiental culmina con una declaración de impacto ambiental, que abarcaría tanto la actuación principal como las zonas de préstamo y vertedero. No obstante, en ocasiones estas zonas no se incluyen en los estudios de impacto ambiental, o bien surge la necesidad de nuevos o distintos emplazamientos con posterioridad a la publicación de la declaración de impacto ambiental. En estos casos, será precisa una nueva autorización ambiental, cuyo procedimiento operativo y tramitación puede resultar confusa e incluso conflictiva.

En algunos casos, es el mismo promotor de la obra civil quien solicita la autorización ambiental de préstamos y vertederos, manteniéndose el mismo órgano sustantivo y ambiental; se trataría de una modificación sobre el proyecto original sometido a evaluación ambiental. En el extremo opuesto, puede delegarse en el contratista su búsqueda y tramitación, modificándose el órgano sustantivo, e incluso el ambiental, y fragmentando la evaluación ambiental de la obra civil, una solución muy poco deseable.

7. DESTINO FINAL DE LAS ZONAS

Antes de acometer la explotación y restauración de una zona de extracción o vertido, debería determinarse su destino final, ya que todas las obras y medidas a ejecutar estarán condicionadas por ese objetivo. Lo más deseable es conocer el destino de los terrenos desde un principio, ya que puede condicionar la forma de explotación y restauración. En la práctica, lo más frecuente es que el destino de los terrenos se plantee en función del resultado de la explotación, en lugar de, como sería deseable, ajustar la explotación al destino buscado. Los posibles destinos a que se puede dedicar una zona de extracción o un vertedero son múltiples:

- *Uso primario y secundario productivo*
- *Uso urbano*
- *Protección contra ruido o colisiones de aves*
- *Vertederos de residuos sólidos urbanos*
- *Uso público*
- *Restauración y mejora ambiental*

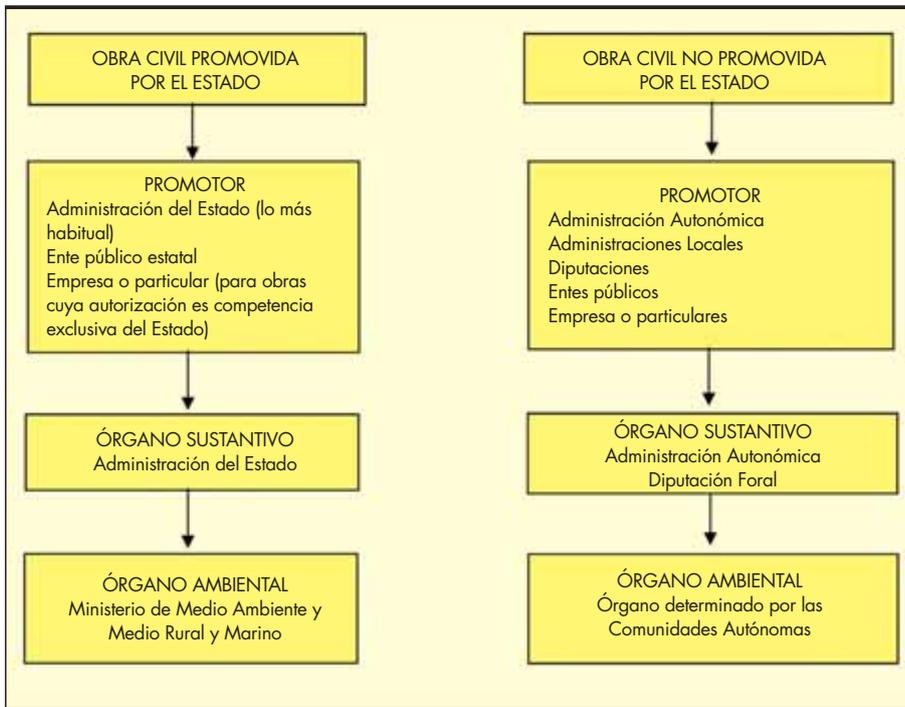


FIGURA 14. La evaluación ambiental de una obra y sus préstamos y vertederos, debería mantenerse en una de las columnas. Si en una obra del Estado, se encomienda la tramitación de préstamos y vertederos al contratista, se salta de la columna izquierda a la derecha. La obra se fragmenta y la evaluación se adultera.



FIGURA 15. Cultivo de cítricos en una zona de extracción recuperada. Castellón.



FIGURA 16. Laguna recuperada para la fauna, y chopera para producción en una extracción de áridos. Madrid.



FIGURA 17. Acopio en una cantera de materiales excavados en un túnel, para su posterior venta. Segovia.



FIGURA 18. Caballón de tierras convertido en parque, a la vez que sirve de protección acústica. Madrid.



FIGURA 19. Explotación de áridos en la vega del Guadalquivir, con formas regulares y poco naturales.



FIGURA 20. Humedal natural (Aiguamolls del Empordà) con formas sinuosas y elevado índice de costas.

8. EXPLOTACIÓN

8.1. EXPLOTACIÓN PLANIFICADA DE PRÉSTAMOS Y VERTEDEROS

De la forma de explotar las zonas de préstamo y vertedero dependerán en gran medida las posibilidades de restauración. Su explotación debe ser una actividad planificada, que cuente con un proyecto previo donde se establezcan los límites de las zonas de actuación, la manera de llevar a cabo la explotación, la forma final que deberán adoptar los terrenos, las medidas de protección a aplicar en la explotación, y la forma de restauración.

Con frecuencia las zonas de préstamo y vertedero se explotan de forma intuitiva, según van avanzando los trabajos y las demandas, sin una idea clara y predeterminada del resultado topográfica final que se debe lograr. El resultado de una explotación no planificada es imprevisible, el destino de los terrenos vendrá condicionado por el resultado de la actividad, y las medidas de restauración serán sobrevenidas; es justamente lo contrario de lo deseable. La medida más adecuada en préstamos y vertederos será simultanear en una misma zona extracción y vertido, de manera que se compense la detracción de materiales con la adición de otros, logrando una mínima afección al relieve y permitiendo una restauración más efectiva.

La planificación debe comprender la restauración, como parte inherente de la explotación. Entender la restauración como una etapa más en la utilización de préstamos y vertederos permitirá una explotación respetuosa con el entorno, y enfocada sobre todo a la restauración. Es importante avanzar hacia criterios más sostenibles en el empleo de presta-

mos y vertederos. No se deberían gestionar las explotaciones con el único criterio de maximizar los beneficios económicos; esta visión suele llevar aparejados grandes problemas de restauración que puede ser incompatible con el objetivo de maximizar los beneficios monetarios. Integrar de forma eficiente la restauración y la explotación, y repercutir adecuadamente los costes de ambas fases en el precio final del producto permitirá una optimización de ambos procesos.

8.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL EN LA FASE DE EXPLOTACIÓN

La planificación de la actividad extractiva o de vertido permite también el establecimiento de una serie de medidas protectoras que se deberán aplicar durante las obras, como:

- Limitación espacial de extracción o vertido
- Limitaciones temporales a la explotación
- Protección del patrimonio cultural
- Protección de vegetación singular
- Reposición de caminos y servicios
- Retirada de tierra vegetal
- Medidas para control de polvo y partículas
- Condiciones de la maquinaria
- Protección frente a incendios forestales
- Barreras de retención de sedimentos
- Balsas de decantación y cunetas
- Gestión de residuos

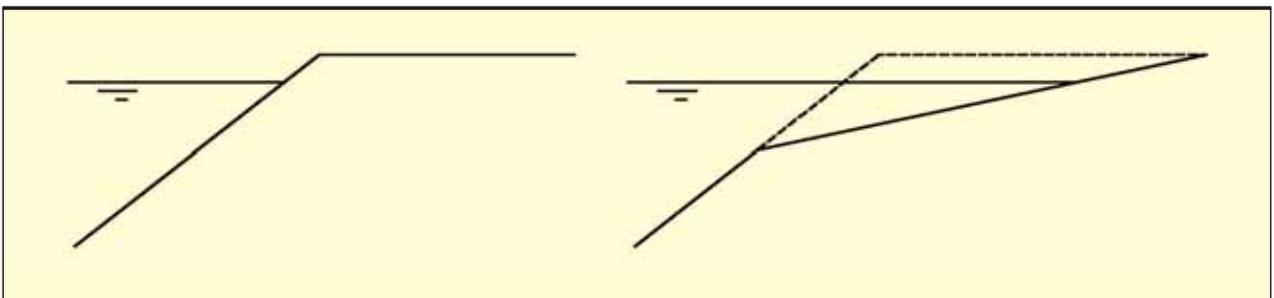


FIGURA 21. Tendido de taludes en vasos lagunares formados por la extracción de áridos.



FIGURA 22. Suelos áridos tras la extracción de áridos. Río Zújar (Badajoz).



FIGURA 23. Suelos áridos tras la extracción de áridos. Velilla de San Antonio (Madrid).

8.3. EXPLOTACIÓN DE PRÉSTAMOS

- Excavaciones en aluviales bajo el nivel freático.** En algunas obras no existen explotaciones próximas donde obtener áridos, resultando inevitable la apertura de explotaciones que pueden hacer aflorar el nivel freático. También existen obras deficitarias en tierras donde la única alternativa para la obtención de materiales es la extracción en aluviales. Los principales problemas de estas explotaciones son la ocupación de vegas, a menudo muy productivas, y las afecciones hidrogeológicas por afloramiento del nivel freático. Los vasos lagunares, pese a los efectos sobre el acuífero, pueden ser interesantes para el fomento de la fauna o el uso público. En cada caso se deberán evaluar las ventajas e inconvenientes de estos vasos, para optar por su mantenimiento o relleno. En la explotación se debe buscar la máxima naturalidad, con formas irregulares y sinuosas que eleven el índice de costas, y taludes tendidos, al menos en las orillas, que posibiliten la colonización de la vegetación y la existencia de playas o zonas de aguas someras.
- Excavaciones en aluviales sin afloramiento del nivel freático.** Similares a las anteriores, pero sin afloramiento del nivel freático al situarse en terrazas altas o zonas con acuíferos profundos. Esto reduce las afecciones hidrogeológicas, pero también limita las posibilidades de recuperación. Los suelos quedan muy alterados, resultando compleja la restauración. La explotación

debe buscar un suelo equilibrado, que permita un posterior uso.

- Excavaciones en laderas.** Se caracterizan por presentar una forma asimétrica, con un único frente de extracción que avanza hacia la ladera, y cuya pendiente es siempre superior a ésta, para hacer posible la obtención de materiales. Son posiblemente los préstamos de mayor incidencia visual, y de más difícil restauración e integración paisajística. En préstamos pequeños es suficiente un frente, fácil de ocultar mediante pantallas arbóreas. En grandes explotaciones pueden formarse frentes de cientos de metros, donde las pantallas arbóreas carecen de sentido. La construcción de bermas puede ser útil siempre que no sean excavaciones en roca. También pueden permitir aportes parciales de tierras que favorezcan la restauración.
- Excavaciones formando huecos.** Excavaciones en zonas llanas o de poca pendiente que deprimen el terreno, formando huecos, rodeados por varios frentes. Es lo más frecuente en préstamos de obras civiles. Pueden presentar problemas importantes de drenaje si no se prevé una salida para las aguas, generando una inundación más o menos permanente, no relacionada con el nivel freático. Cuando la inundación es frecuente pero no estable, la recuperación de la cubierta vegetal es muy difícil. También pueden presentar problemas por taludes fuertes. La explotación debe buscar frentes tendidos y solventar los problemas de drenaje.



FIGURA 24. Excavaciones en laderas. Llanes (Asturias).



FIGURA 25. Excavaciones en laderas. Algeciras (Cádiz).

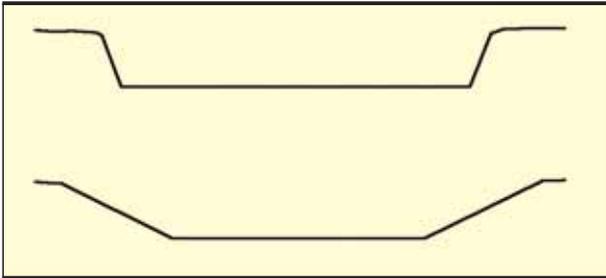


FIGURA 26. La sección superior dificulta la restauración por la pendiente de los taludes, sufrirá erosión y puede tener problemas de estabilidad. La sección inferior es más favorable.

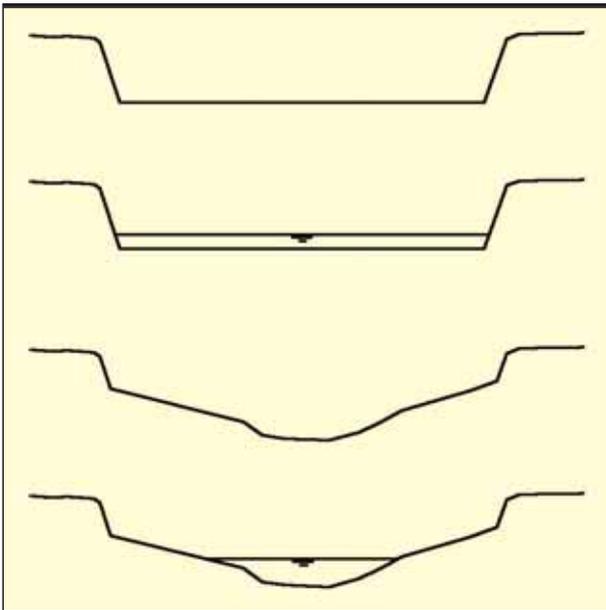


FIGURA 27. En las secciones superiores, la inundación afecta a todo el hueco de excavación. Un perfil irregular puede permitir localizar la zona de inundada.

- **Decapados.** Un caso particular de las anteriores explotaciones son las extracciones extensas pero poco profundas. Su problemática es similar, pero menos acusada, y



FIGURA 28. Los decapados son extracciones poco profundas y extensas. La Coronada (Badajoz).

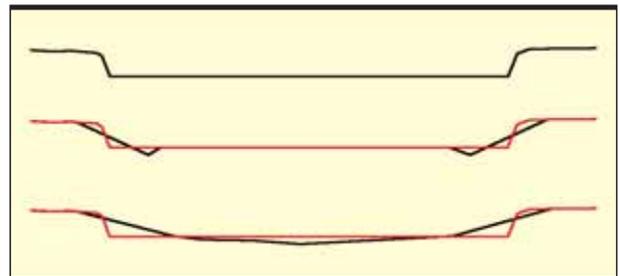


FIGURA 29. La forma de explotación dependerá del destino final. Para un uso agrícola (figura central) se puede tender los taludes de los frentes, prever cunetas y mantener superficies llanas. Si se busca una restauración ambiental (figura inferior), se tenderán también los taludes, pero se puede prever un drenaje más naturalizado, deprimiendo el terreno.

la restauración más sencilla, aunque la ocupación superficial puede ser importante.

- **Excavaciones en cerros y promontorios.** En cerros aislados o promontorios, naturales o artificiales, es posible rebajar su cota, de manera que la incidencia visual final sea reducida. Sólo es una opción asumible cuando se trate de zonas sin valor o singularidad geomorfológica, ya que algunos cerros testigo resultan muy característicos de un determinado paisaje.

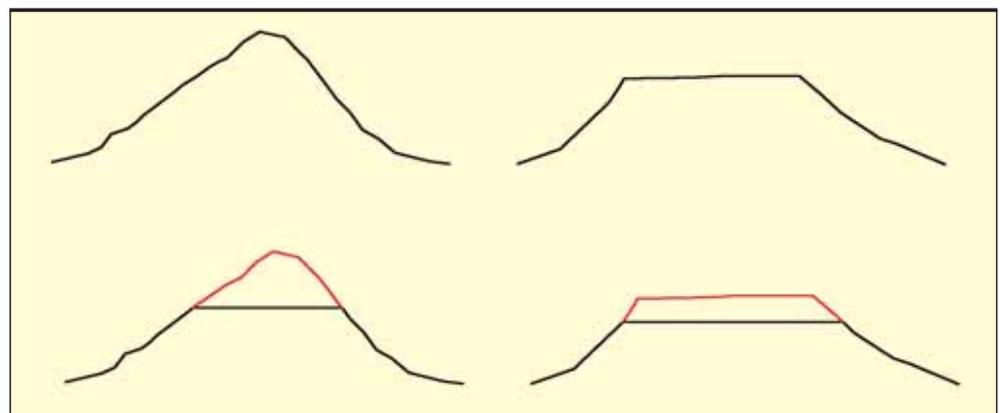


FIGURA 30. Descabezado de cerros aislados para la obtención de materiales.

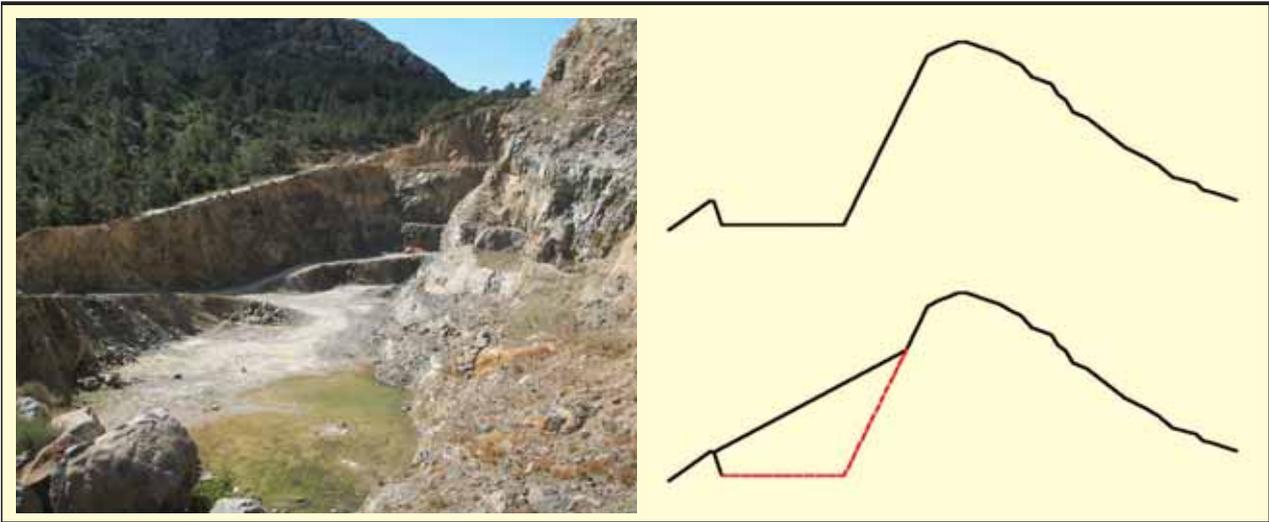


FIGURA 31. Cantera de roca abandonada. A la derecha, esquema del posible relleno de esta cantera. Orihuela (Alicante).

8.4. EXPLOTACIÓN DE VERTEDEROS

- **Relleno de zonas de extracción.** La opción preferente para la ubicación de vertederos de tierras será el relleno de zonas de extracción abandonadas, o frentes cuya explotación haya finalizado. Cuando en una obra civil se plantea simultáneamente la extracción y el vertido en las mismas zonas se reducen los impactos derivados de



FIGURA 32. Vertedero de tierras mal planteado. El talud alcanza un arroyo; debería haberse respetado una mayor distancia entre el pie del talud y el cauce. Además, la superficie del terraplén está sin revegetar y los arrastres de tierras van directos al arroyo (Santiago de Compostela).

préstamos y vertederos. Si los excedentes se destinan a rellenar zonas de extracción existentes, los vertederos pueden constituir una medida compensatoria, que permite restaurar zonas degradadas.

- **Relleno de vasos lagunares por afloramiento del nivel freático.** Como se ha comentado, la decisión de rellenar un vaso lagunar deberá tomarse tras un análisis de las ventajas e inconvenientes de su existencia. Las ventajas vendrán asociadas a las posibilidades de restauración y reintroducción de la fauna, así como también a la aparición de algún potencial recreativo y los inconvenientes estarán asociados a las afecciones hidrogeológicas. En general es recomendable el relleno de vasos lagunares recientes cuando son abundantes en un territorio reducido, generando un impacto acumulativo apreciable en el acuífero.
- **Vertederos en zonas llanas.** Lo ideal para un vertedero es que la topografía del terreno ayude a acomodar el aporte de tierras, minimizando la afección al relieve y al paisaje. La creación de vertederos en zonas llanas es, por lo general, una actuación negativa, de importante impacto visual. No obstante, en muchas ocasiones no existen zonas disponibles con mejores características topográficas. Estos vertederos acostumbran a ser aportes tronco-cónicos, llanos en su cara superior, y flanqueados por terraplenes. Su estructura, características, afecciones ambientales y posibilidades de restauración están

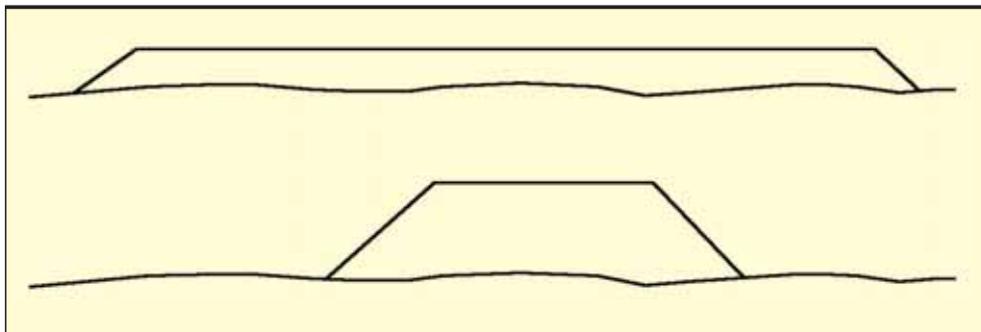


FIGURA 33. Dos soluciones de vertido con el mismo volumen, pero diferentes repercusiones ambientales. En el caso superior la ocupación de terrenos es mayor pero se reduce la intrusión visual; en el inferior ocurre lo contrario.



FIGURA 34. Incluso en una ladera suave la asimetría de los vertederos es patente (Pontevedra).

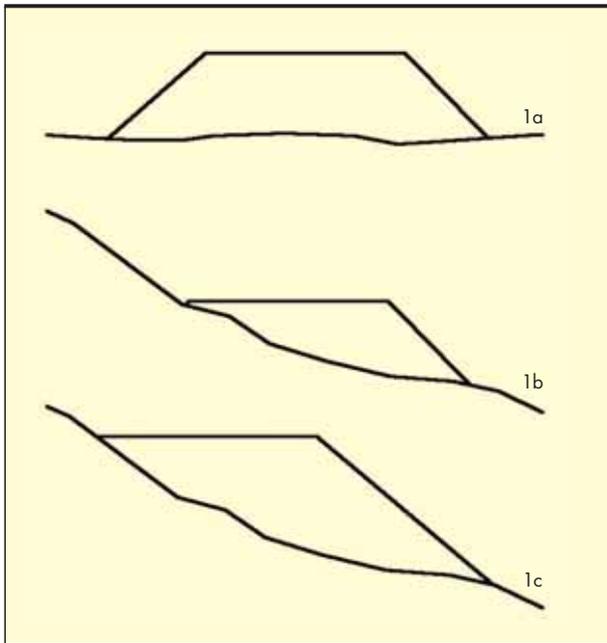


FIGURA 35. Comparación entre un vertedero en zona llana (1a) y en ladera (1b y 1c). Para una misma altura de taludes entre 1a y 1b, el volumen en 1b es casi la mitad que en 1a. Para un mismo volumen entre 1a y 1c, el talud resultante en 1c casi duplica al de 1a.

condicionados por su superficie y altura. Un aumento de la superficie o de la altura produce un incremento directo en el volumen acogido, aunque también de su problemática ambiental. Según las zonas, será preferible aumentar uno u otro parámetro.

- **Vertederos en laderas.** Una ladera no es el mejor lugar para ubicar un vertedero. La orografía obliga a configurar vertidos asimétricos, con un lado apoyado en la ladera, y el opuesto con talud, a menudo grande y de fuerte impacto visual; a pesar de ese impacto, el volumen de tierras albergado puede ser escaso. A igualdad de taludes con respecto a una zona llana, el volumen cubicado es muy inferior; a igualdad de volumen, el talud resultante es mucho mayor, y con ello la incidencia visual. Otro problema, nada despreciable, es la estabilidad de los vertidos y de las propias laderas, afectadas por el peso del nuevo aporte.
- **Vertederos en cabeceras de vaguadas.** Un caso particular de vertederos en laderas es el aprovechamiento de cabeceras de vaguadas. A las desventajas de una ubicación en ladera se contraponen la ventaja de una topo-

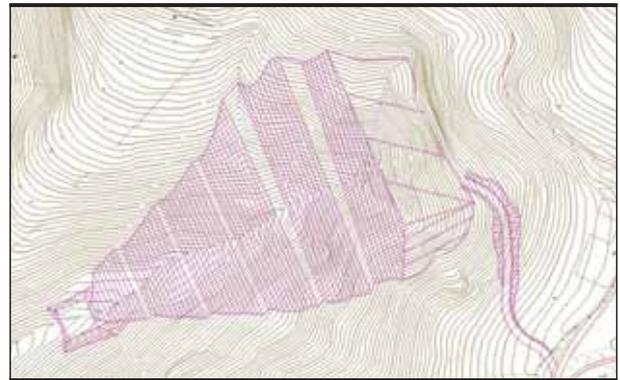


FIGURA 36. Vertedero en la cabecera de una vaguada, con bermas y una balsa de decantación en su base.



FIGURA 37. Vertedero de escorias de carbón, sellado con aportes de tierras. La Robla (León).

grafía favorable al relleno, al presentar una depresión natural. Estos vertederos consisten en rellenos que prolongan las divisorias y retrasan, ladera abajo, el origen de las vaguadas. De esta forma, la vaguada no se ve interrumpida, sino acortada en su origen. En la práctica, la mayoría de vertederos en laderas aprovecha alguna vaguada, de mayor o menor entidad, al ser la única forma de lograr volúmenes que hagan rentable o viable la localización del vertido. Su mayor ventaja es que la forma topográfica permite adaptar mejor el vertido al terreno, logrando minimizar el impacto visual y sobre el relieve. Su principal inconveniente es el riesgo de afectación a los cauces por arrastres de tierras, siendo preciso extremar las medidas de protección, como bermas, balsas, bajantes y restauración de la cubierta vegetal.

- **Sellado de vertederos existentes.** En vertederos de residuos inertes, para acometer la restauración, es preciso proceder a su sellado, al terminar la fase de explotación. Este sellado precisa un aporte, más o menos importante, de tierras limpias, es decir, de materiales libres de residuos o escombros. Si existe una coincidencia temporal y espacial con una obra civil, es un buen destino para las tierras sobrantes.
- **Vertederos en isletas.** Una solución muy adecuada para el vertido de tierras sobrantes es el empleo de isletas o zonas segregadas, expropiadas para la ejecución de las obras. La mayor limitación es que precisa grandes enlances o zonas segregadas, y aún así el volumen que cubican estos emplazamientos suele ser moderado, sir-

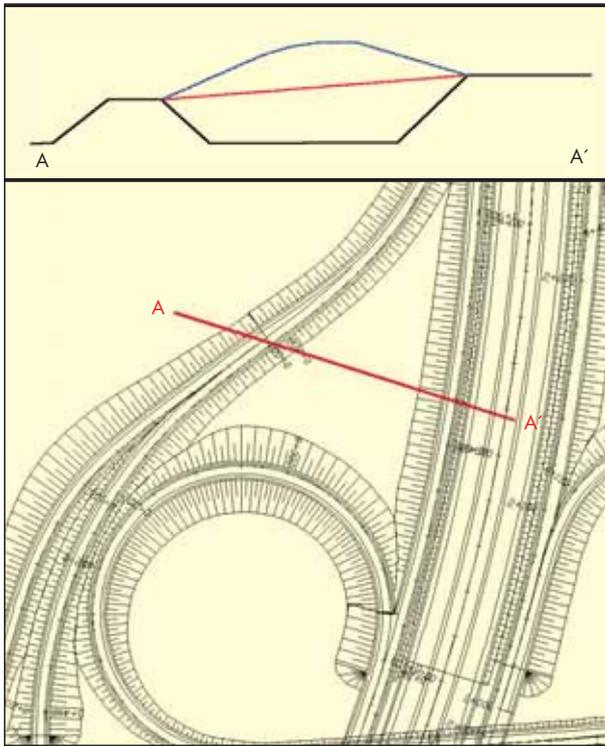


FIGURA 38. El relleno de isletas delimitadas por ramales o plataformas es una buena solución, sobre todo si los trazados discurren en terraplén. El relleno puede limitarse a nivelar las cotas de las plataformas (línea discontinua roja), o puede elevarse sobre la superficie (línea discontinua azul) para lograr una mayor cubicación.

viendo sólo en obras con excesos moderados de tierras, o como apoyo a otras zonas de vertedero.

- **Nivelación de terrenos.** Algunas actuaciones, públicas o privadas, precisan la nivelación de grandes superficies de terrenos, como ciertas obras de urbanización, o los aeropuertos. Con frecuencia son actuaciones deficitarias en tierras, lo que las hace muy propicias como destino de los sobrantes de obras civiles próximas.
- **Vertidos en depresiones kársticas naturales.** Pese a su favorable topografía, debe evitarse a toda costa el relleno de depresiones kársticas, por su singularidad geomorfológica, su elevada permeabilidad y el riesgo de subsidencia inducida.

9. RESTAURACIÓN AMBIENTAL

9.1. VINCULACIÓN ENTRE EXPLOTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Debe lograrse una íntima vinculación entre la explotación de préstamos y vertederos y su posterior restauración, y romper con la indeseable disociación entre la explotación, basada en criterios únicamente de rentabilidad, y la restauración, a menudo entendida como una imposición o un gasto adicional a evitar o minimizar.

En la actualidad se vive una situación de respeto a la legalidad pero de escasa conciencia ambiental; los aspectos ambientales se van integrando en las obras civiles, pero de forma superficial. El objetivo de futuro es lograr una verdadera integración de los aspectos ambientales en la evaluación, diseño, construcción y gestión de las obras civiles; asumir la protección del medio ambiente con normalidad, no como una imposición legal. Para el caso de préstamos y vertederos, esto pasaría por ajustar los balances de tierras, minimizando las necesidades de materiales externos y los sobrantes, cuidar la búsqueda de ubicaciones, integrar el análisis y evaluación ambiental de estas zonas en la evaluación ambiental del proyecto u obra que los genera, y diseñar adecuadamente los proyectos de explotación y restauración, integrando íntimamente ambos aspectos.

9.2. RESTAURACIÓN MORFOLÓGICA

La necesidad de una restauración morfológica suele ser síntoma de una mala explotación, centrada en la producción, sin tener en cuenta la posterior recuperación.

- **Rellenos.** En zonas de extracción el relleno no tiene por qué ser total. Rellenos parciales, incluso moderados, pueden resultar muy positivos para la restauración, al crear una capa de suelo disgregado, apto para el desarrollo de vegetales, y susceptible de ser modelado.
- **Frentes de excavación.** Si no se ha hecho en la explotación, la primera medida será el redondeo de aristas y rellenos en la base, mediante el descabezado de los desmontes, aportando los materiales excavados al pie del talud o frente de excavación, para evitar aristas de difícil integración visual, y lograr rellenos localizados en la base del frente, a modo de coluviones, donde el espesor de suelo facilite la realización de plantaciones.
- **Taludes de vertederos.** El primer paso en la restauración será el tendido de los taludes y redondeo de aristas.
- **Lagunas.** La adecuación morfológica buscará incrementar la sinuosidad del perímetro, y con ello el índice de costas, y tender los taludes de las riberas para lograr zonas de aguas someras.

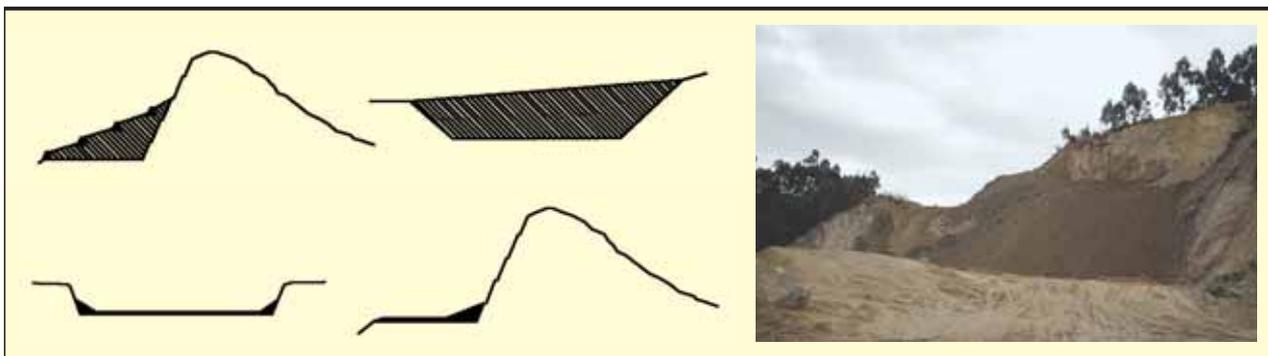


FIGURA 39. Rellenos en zonas de extracción, totales o parciales. A la derecha relleno en una cantera (Llanes, Asturias).

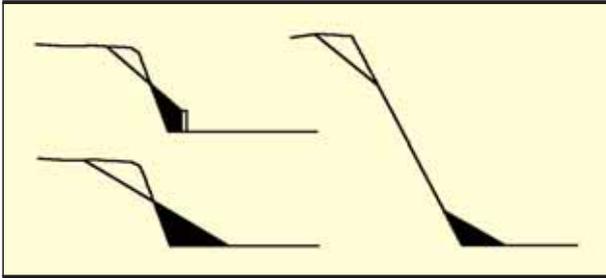


FIGURA 40. Descabezado de desmontes y rellenos en la base, directos o con muros.



FIGURA 41. Vertedero en zona yesífera. Con esta estructura la restauración es imposible. Rivas Vaciamadrid (Madrid).

9.3. RESTAURACIÓN DEL SUELO

Un factor que limita en gran medida las posibilidades de restauración es el estado final de los suelos. La inmensa mayoría de proyectos de restauración contemplan la implantación de una cubierta vegetal, natural u ornamental. El suelo es el soporte y el sustento para los vegetales, que dependen de su estructura, textura, composición química y composición biológica. Antes de acometer cualquier intento de recuperar la cubierta vegetal es preciso afrontar la restauración de los suelos, de manera que sus condiciones reúnan unos requisitos mínimos para permitir el posterior arraigo y desarrollo de los vegetales. Las principales labores a realizar serán:

- *Descompactación del suelo*
- *Aporte de suelos disgregados*
- *Reutilización de la tierra vegetal*
- *Fertilización*

9.4. DRENAJE

La alteración del terreno a consecuencia de excavaciones o aportes afecta a la red de drenaje natural y a la escorrentía de las aguas, pudiendo causar problemas de inundación, erosión o inestabilidad. Es preciso prever el drenaje de las zonas para evitarlos.

9.5. RESTAURACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

La destrucción de la cubierta vegetal da lugar a un importante número de impactos, directos o indirectos, como la pér-



FIGURA 42. Suelo muy pedregoso en un vertedero. Es preciso aportar tierras que cubran los elementos gruesos, y permitan el desarrollo de una cubierta herbácea homogénea.

didada de comunidades vegetales y especies, reducción de hábitats para la fauna, aumento de fenómenos erosivos y arrastre de sólidos o impacto visual. Para paliar estos efectos negativos es preciso aplicar medidas que corrijan este efecto, siendo la principal medida la restauración de la cubierta vegetal.



FIGURA 43. Erosión en regueros.



FIGURA 44. Inundación de una zona de extracción.



FIGURA 45. La vegetación leñosa por sí sola es incapaz de controlar la erosión, sin un estrato herbáceo. Pese al desarrollo en este talud de jaras y retamas, los daños erosivos son evidentes. Debería haberse realizado una hidrosiembra previa.

Sus objetivos son principalmente el control de la erosión, la integración ecológica y la mejora estética. Las principales técnicas son:

- *Siembras en seco*
- *Hidrosiembras*
- *Plantaciones*
- *Conservación y mantenimiento*

9.6. RESTAURACIÓN DEL USO AGRÍCOLA

Una vez adecuado el relieve y el suelo, lo más frecuente es proceder a implantar una cubierta vegetal, con tres objetivos principales: la recuperación ambiental, el ajardinamiento o la implantación de un uso agrícola. Cuando el objetivo es el uso agrícola, las labores de recuperación son también siembras y plantaciones, pero adaptadas a las técnicas, labores y fechas marcadas por la práctica agrícola. Para destinar unos terrenos a esta actividad es imprescindible que exista alguien que se ocupe de la explotación. Por ello, si los terrenos han sido expropiados de forma permanente, carecería de sentido este tipo de recuperación.

9.7. TÉCNICAS Y MATERIALES ESPECIALES

En los últimos años se han desarrollado técnicas novedosas, algunas útiles y otras más dudosas, que pretenden ayudar a la recuperación de la cubierta vegetal o de los suelos, a la implantación de vegetales en situaciones difíciles, o a paliar el impacto visual. Al tratarse de soluciones técnicas, destinadas en general a recuperar el medio biológico, suelen denominarse técnicas de bioingeniería. En su mayoría son productos o ideas importadas, algunos útiles para la realidad climática española pero otros muy poco adecuados, por estar diseñados para condiciones muy diferentes. Entre estos materiales y técnicas destacan:

- *Mantas orgánicas*
- *Mantas con vegetales*
- *Mallas orgánicas*
- *Mallas sintéticas*
- *Mallas volumétricas*
- *Geoceldas*
- *Rollos de fibras*
- *Colorantes de roca*
- *Gunitado vegetal*

9.8. FOMENTO DE LA FAUNA

Uno de los objetivos en la restauración de zonas de préstamos y vertederos, siempre deseable, puede ser el fomento de la fauna. En la restauración de vasos lagunares suele ser uno de los objetivos principales, pero también en otras zonas de extracción y vertido se puede adoptar medidas interesantes, como:

- *Adecuación de la forma de las lagunas*
- *Fomento de aguas someras y playas*
- *Creación de islas artificiales*
- *Formación de cortados rocosos o arenosos*
- *Restauración de la cubierta vegetal*
- *Refugios y nidales artificiales*



FIGURA 46. Islas artificiales, formadas por las excavaciones para tender los márgenes y crear un contorno irregular en esta laguna. Rivas Vaciamadrid (Madrid).

Otro aspecto importante a considerar son los daños que puede causar la fauna en la cubierta vegetal implantada, especialmente el ganado, herbívoros silvestres y lagomorfos, que pueden hacer precisas protecciones individuales o colectivas para las plantas.

9.9. USO PÚBLICO

Las posibilidades de uso público en zonas de extracción y vertido recuperadas son muy grandes, y dependen de la ubicación de las áreas, su potencialidad y las inversiones disponibles. Las grandes actuaciones, como auditorios o campos de golf, suelen estar asociadas a explotaciones mineras y no a obras civiles, aunque no faltan ejemplos como la cantera de Peña el Fraile, utilizada para la construcción de la presa de Escalona, donde se han construido diversas instalaciones deportivas. Entre los elementos posibles se cuentan:

- *Embarcaderos y puestos de pesca*
- *Parques y zonas verdes*
- *Sendas*
- *Interpretación ambiental*
- *Mobiliario*
- *Otros usos*

10. VIGILANCIA AMBIENTAL

La vigilancia ambiental es una extensión del procedimiento de evaluación de impacto ambiental para las fases de obra y explotación. Es una práctica obligatoria en los proyectos sometidos a evaluación ambiental o a consulta sobre su necesidad, puede exigirse expresamente en otros tipos de autorizaciones ambientales, y es, en cualquier caso, muy recomendable en todas las obras que impliquen la explotación de préstamos y vertederos.

Tiene por objeto verificar la ejecución de las medidas protectoras y correctoras establecidas en la declaración de impacto ambiental o autorización ambiental, y que deberían estar contempladas en el proyecto. El aseguramiento de la calidad debe verificar la adecuada ejecución de las unidades de obra definidas en el proyecto, y la calidad de los materiales empleados. Existe una confusión y solapamiento en las labores de vigilancia ambiental y calidad, hasta el punto de no quedar claro el alcance que tiene cada actividad e, incluso, quien o quienes son los responsables.

11. REFERENCIAS

Este artículo es un resumen de los estudios realizados por el CEDEX sobre este tema, y que se recogen en el libro *Manual de gestión y restauración de préstamos y vertederos en obras civiles*, editado por este Organismo en el año 2009.