

# RESTAURACIÓN AMBIENTAL Y REVEGETACIÓN DE LOS TERRENOS AFECTADOS POR UNA OBRA CIVIL LINEAL. BREVE ANÁLISIS DEL CONTROL DE CALIDAD REALIZADO

(ENVIRONMENTAL RESTORATION AND REFORESTATION OF THE AREAS AFFECTED BY A CIVIL WORK. BRIEF ANALYSIS OF THE QUALITY CONTROL CARRIED OUT)

José Luis Canga Cabañes, Ingeniero de Montes

INYPSA

Informes y Proyectos, S.A.

ESPAÑA

Fecha de recepción: 6-X-95

113-41

## RESUMEN

*Se exponen los resultados de una experiencia de control de calidad de los trabajos de restauración ambiental y revegetación de los terrenos afectados por la construcción de un gasoducto de más de 140 km de longitud y 8.000 millones de pesetas de coste de ejecución. Se indican brevemente los datos más relevantes de la obra y las principales magnitudes del Proyecto de Revegetación. La mayor parte del artículo se centra en explicar las funciones desempeñadas por el Equipo de Control y Vigilancia Ambiental, comentando sus aspectos esenciales, las ventajas que de ellas se han derivado para un buen resultado de las obras y la rentabilidad económica obtenida con su presencia. Se resaltan también las cuestiones más importantes a supervisar en un control de calidad, ilustrándolas con la experiencia obtenida.*

## SUMMARY

*The report presents the results of an experience involving quality control for the environmental restoration and revegetation of the area affected by construction of a gas pipeline over 140 km long with an execution cost of 8,000 million pesetas. A brief account is given of the most relevant details of the work and the Revegetation Project. Most of the report centres on a description of the functions of the Environmental Control and Monitoring Team, discussing the main aspects of these functions, the advantages derived from them as regards the satisfactory result of the project and the economic profitability provided by the team's presence. The most important matters to be supervised in quality control are highlighted and illustrated by the experience gained on this project.*

## 1. Introducción

La experiencia adquirida en la puesta en práctica de los Estudios de Impacto Ambiental suscita numerosas opiniones e interpretaciones. Con frecuencia se ponen de manifiesto sus deficiencias y carencias (cada vez menores, pues su calidad se ha elevado notablemente en los últimos años) y se cuestiona su utilidad y viabilidad práctica.

En este sentido, este artículo pretende dar a conocer una

experiencia real, en que una cuidadosa y detallada aplicación de las medidas correctoras ha conducido a una integración casi perfecta de la obra civil en su entorno, hasta el punto de que un año después de su ejecución en bastantes tramos pasa completamente desapercibida. En el éxito obtenido ha jugado un papel decisivo la presencia a pie de obra de un Equipo de Control y Vigilancia Ambiental de INYPSA, que durante un período de tiempo de tres años ha supervisado los trabajos de restauración ambiental y revegetación de los terrenos afectados por la construcción de un gasoducto

de 140 km de longitud, en el que el presupuesto de ejecución de la obra civil ha superado los 8.000 millones de pesetas.

Gran parte de su interés radica en que se trata de una obra ya finalizada, con resultados objetivos que, en muchos aspectos, han podido cuantificarse. Entre estos últimos se encuentran los beneficios económicos para el Promotor, derivados de la supervisión ambiental realizada.

El Equipo de Control de Calidad y Vigilancia Ambiental (E.C.V.A.) se compuso de: un Ingeniero de Montes, que ha estado casi permanentemente desplazado en obra durante los dos primeros años y posteriormente ha realizado visitas periódicas; un biólogo y 2 capataces forestales, que han complementado el equipo, cuando el volumen de obra ejecutado lo ha requerido. En todo momento el equipo de campo ha contado con el apoyo técnico de los restantes especialistas de la Unidad de Medio Ambiente de INYPSA.

Las funciones desempeñadas por el E.C.V.A. han contribuido decisivamente a:

- Obtener una elevada calidad en los resultados de la restauración ambiental realizada, que han sido considerados como muy satisfactorios por el Organismo Medioambiental Autónomo. Ello ha contribuido considerablemente a que el grado de aceptación social de la obra civil haya sido total; la zona afectada posee unos recursos ecológicos y paisajísticos importantes, base primordial de su desarrollo turístico, que de haberse visto alterados negativa e irreversiblemente habrían suscitado un considerable rechazo al Proyecto por parte de la población afectada, lo que, como mínimo, habría retrasado su ejecución, con los costes económicos que de ello se derivan. Hoy día, a los dos años de acabados los trabajos, en los enclaves más significativos la obra pasa completamente desapercibida para un observador no avisado y presenta, en general, un alto grado de integración ecológica y paisajística.

- Producir ahorros significativos en la ejecución del proyecto de revegetación. En efecto, el replanteo de los trabajos de revegetación permitió aplicar las técnicas con una mejor relación "calidad y eficacia final/precio" en cada caso, a la vista del estado de las superficies finalmente dejadas por la obra civil. Ello hizo posible tratar más superficie de la prevista inicialmente con un coste total inferior.

Por otro lado, al haber redactado el E.C.V.A. un Proyecto de Revegetación, con un preciso Pliego de Condiciones y una detallada descomposición de los precios unitarios, fue posible descontar al Contratista todas aquellas operaciones que no se realizaron, bien por no ser necesarias, bien como consecuencia de una actuación negligente de éste.

En definitiva, se ha conseguido un uso eficaz de los recursos económicos aplicados a la restauración ambiental, junto a un resultado final de los trabajos de muy alta calidad.

- Mejorar las condiciones de estabilidad de la obra civil y disminuir sus costes de mantenimiento. La cobertura vegetal implantada ha producido una eficaz protección contra la erosión hídrica, especialmente en su tramo más septentrional que presenta precipitaciones abundantes y, ocasionalmente, muy intensas. Ello, además de minimizar los impactos sobre distintos elementos del medio y en particular sobre el ciclo hidrológico, ha supuesto una apreciable disminución en el riesgo de aparición de deslizamientos y arrastres, lo que sin duda reportará unos costes de mantenimiento menores para la obra civil.

## 2. Características principales del medio natural afectado

A lo largo de sus 140 km de longitud, la obra atraviesa condiciones ambientales muy diversas.

En altitud varía desde 1.550 m hasta 300 m.

En condiciones meteorológicas la amplitud es también considerable:

a) En el punto más septentrional de la obra la precipitación media anual supera los 1.700 mm (en una parte importante, de nieve), frente a una E.T.P. de 591 mm; la nieve puede cubrir el terreno durante más de 3 meses al año; la temperatura media anual es algo inferior a 10 °C y la media de mínimas absolutas del mes más frío (enero) es de -8,3 °C.

b) En el límite meridional la precipitación media anual sólo alcanza los 387 mm, valor muy inferior al de la E.T.P., que se eleva a 734 mm; la temperatura media anual es de 14,3 °C y la media de máximas absolutas del mes más cálido (julio), 39,1 °C.

c) En resumen, las condiciones climáticas a lo largo del trazado varían entre estos valores extremos, pudiendo afirmarse que: en su zona norte no existe déficit de humedad para la vegetación en el suelo durante todo el año o éste sólo se produce (en valores medios) en la segunda quincena de agosto o en septiembre; en su zona sur, el período seco se extiende, por término medio, desde la segunda quincena de junio hasta los primeros días de octubre.

Respecto a la vegetación, en su tramo más septentrional, el trazado atraviesa pastos subalpinos, hayedos, pinares (*Pinus sylvestris*, en ocasiones de repoblación), repoblaciones de *Pseudotsuga menziesii*, *Larix decidua* y *Picea abies*. Algo más adelante el gasoducto encuentra masas arbóreas de *Pinus sylvestris*, acompañados por *Quercus pubescens* y

*Acer campestre*, y como especies arbustivas *Buxus sempervirens*, *Prunus spinosa*, *Crataegus monogyna* y *Cornus sanguinea*, entre otros. Intercalados entre las masas forestales se sitúan tramos de prados. También se cruzan varios cursos de agua y arroyos, que, a veces, presentan una vegetación ripícola importante, con *Fraxinus angustifolia*, *Populus sp.*, *Salix sp.*, *Sambucus nigra*, *Corylus avellana* y *Rosa sp.*, entre las especies más significativas.

En el tramo intermedio se discurre en bastantes casos sobre campos de cultivo, lo que reduce notablemente las zonas de vegetación natural o forestal a restaurar. En éstas las especies que se encuentran más frecuentemente son *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* (en las masas más desarrolladas, de repoblación), acompañados a veces de algún quejigo. En general abundan más las manchas de matorral a base de boj, aulagas, enebros, majuelos y zarzas, que normalmente no son de gran porte. Siguen atravesándose algunos cursos de agua con vegetación ripícola similar a la antes comentada.

En el tramo más meridional las masas arbóreas son menos frecuentes y se reducen a repoblaciones de *Pinus nigra* y *Pinus halepensis*, junto a algunas manchas de *Quercus ilex*, acompañada por *Quercus coccifera* y *Quercus faginea*. En gran medida el trazado atraviesa campos de cultivo que no son objeto de restauración ambiental y zonas de matorral con aulaga, lavanda, enebro y rosál silvestre. En este tramo se atraviesan arroyos y algunos ríos importantes, con vegetación típica de ribera compuesta principalmente por chopos y sauces.

### 3. Características básicas del proyecto de revegetación

El Proyecto de Revegetación fue redactado por el E. C. V. A. de INYPSA a partir de la información disponible en un Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A.) realizado por otra Empresa Consultora. Los estudios temáticos elaborados en el E.I.A. no pudieron contrastarse ni ampliarse, debido a las premuras de tiempo y a los condicionantes económicos del Promotor de la Obra (hecho que desgraciadamente es bastante frecuente), lo que en este caso podía corregirse posteriormente durante la estancia en obra.

El interés del Promotor radicaba en que el Proyecto (estructurado en los cuatro documentos habituales: Memoria, Planos, Pliego de Condiciones y Presupuesto):

- Definiera con precisión la localización y alcance de las actuaciones a realizar.
- Dispusiera de un buen Pliego de Condiciones que permitiera un control adecuado de los trabajos ejecutados por el Contratista.
- Tuviera un Presupuesto, con los precios de las unidades de obra debidamente descompuestos, que permitiera:

- Una correcta y homogénea evaluación de las ofertas económicas presentadas por los contratistas para la ejecución de las obras.

- El pago de los trabajos realmente ejecutados por el Contratista y el descuento de las labores no realizadas.

Los objetivos principales del Proyecto de Revegetación eran:

a) Dotar a las zonas afectadas por las obras de una cubierta vegetal que las protegiera de la erosión, y por lo tanto contribuyera a la estabilidad y seguridad de la obra.

b) Acelerar y facilitar la recuperación de la cubierta vegetal preexistente, minimizando e incluso haciendo desaparecer los impactos sobre la vegetación, la fauna, el paisaje y el medio social.

c) Diseñar unas medidas de restauración eficaces, fácilmente ejecutables con los medios disponibles en el mercado y cuyo coste económico fuera el menor posible, optimizando la relación “(eficacia + calidad del resultado)/precio”.

Los principales problemas generados por la obra civil, que debían ser resueltos por el Proyecto de Revegetación, pueden resumirse así:

- Taludes completamente desprovistos de vegetación, de hasta 1 km de longitud, con pendientes variables que llegaban a superar el 50 %. Ello es debido a que el gasoducto baja las laderas según línea de máxima pendiente.

- Materiales sobrantes de excavación, que era preciso disponer en vertederos convenientemente elegidos.

- Cruce de ríos y arroyos, que eran sometidos a una alteración radical de su vegetación y márgenes. Los cursos



Arroyo cruzado transversalmente por el gasoducto. El tratamiento aplicado fue la siembra y colocación de manta orgánica de coco 100%. Se observa el buen resultado obtenido al cabo de 1 año de ejecutada la revegetación.

de agua sufrían ocasionalmente importantes variaciones de caudal que obligaban en ocasiones a adoptar medidas especiales de protección de las riberas.

Las técnicas de restauración utilizadas fueron: siembra, hidrosiembra, plantación de especies arbóreas y de matorral, colocación de manta orgánica y reimplantación de tepes de pastizal natural. Todas ellas iban acompañadas de las técnicas apropiadas de preparación del suelo y de los trabajos posteriores de mantenimiento necesarios.

La gran variabilidad de las características ambientales existentes a lo largo del trazado obligaron a desarrollar varios tratamientos específicos, adaptados a las variadas condiciones ecológicas que aparecían en las distintas zonas de actuación. Así se definieron:

- La recolocación de tepes naturales del pasto subalpino.
- 7 formulaciones distintas de hidrosiembra.
- 5 formulaciones distintas de siembra.
- El empleo de 2 tipos diferentes de manta orgánica.
- La utilización de 19 especies arbóreas y 16 especies arbustivas o de matorral.

Las magnitudes iniciales del Proyecto son las siguientes:

- Más de 300.000 m<sup>2</sup> de hidrosiembra.
- Más de 257.000 m<sup>2</sup> de siembra.
- Más de 18.700 pies arbóreos.
- Más de 7.300 pies arbustivos o de matorral.
- Más de 10.000 m<sup>2</sup> de instalación de manta orgánica.
- Presupuesto inicial de ejecución por contrata: 127 millones de pesetas, sin IVA.

Los períodos óptimos de ejecución de los trabajos resultaron ser limitados: en el tramo más septentrional, por las elevadas precipitaciones y el amplio período con bajas temperaturas y nevadas; en el tramo meridional, por su amplia sequía.

#### **4. Funciones desempeñadas por el equipo de control y vigilancia ambiental**

Las principales funciones desempeñadas por el E.C.V.A. han sido las siguientes:

- 1) Redacción del Proyecto de Revegetación.

- 2) Preparación e impartición del cursillo de formación del personal participante en las obras.

- 3) Supervisión de la restitución del terreno a su perfil original o al más apropiado para su restauración posterior.

- 4) Elección de la localización de vertederos, control de su morfología final y su revegetación.

- 5) Colaboración en la definición de nuevas pistas forestales y caminos de acceso a la obra.

- 6) Asesoramiento al Promotor de la obra en la resolución de las modificaciones al Proyecto de Revegetación, planteadas por el Contratista que lo ejecutó; los imprevistos surgidos durante las obras.

- 7) Replanteo de los trabajos del Proyecto de Revegetación.

- 8) Control de la calidad y cantidad de los materiales utilizados.

- 9) Control de la ejecución de los trabajos.

- 10) Control de la producción diaria y de los medios dispuestos en obra por el Contratista.

- 11) Recopilación de datos meteorológicos directamente en obra y de organismos oficiales.

- 12) Elaboración de informes mensuales y especiales.

- 13) Control de las certificaciones mensuales.

- 14) Elaboración de las Actas de Reunión y de Comunicados y Órdenes al Contratista.

- 15) Representación del promotor ante los organismos medioambientales competentes.

##### *4.1. Redacción del Proyecto de Revegetación*

Ya se han comentado brevemente sus objetivos, las técnicas utilizadas y sus principales magnitudes. Sólo cabe añadir que su ejecución condujo a un éxito generalizado, obteniéndose excelentes resultados a lo largo de toda la obra. En los taludes no restaurados, por razones diversas, en la mayor parte de los casos se aprecia una erosión progresiva y tres años después de su ejecución no hay indicios de colonización vegetal.

##### *4.2. Preparación e impartición del cursillo de formación del personal participante en las obras*

Hasta la fecha, los hábitos de trabajo desarrollados en las obras civiles son poco respetuosos con el medio natural.

Ello provoca impactos fácilmente evitables y que encarecen innecesariamente los trabajos de restauración ambiental. La incorporación de criterios de conducta encaminados a minimizar las alteraciones sobre el medio ambiente es poco costosa, tanto en los aspectos económicos como del esfuerzo que es necesario aplicar por el personal participante en las obras. Sin embargo, en nuestro país, es una práctica utilizada en muy pocas ocasiones.

El objeto del cursillo era: exponer unas normas básicas de trabajo que (con poco esfuerzo por parte de los elementos implicados) ayudarían a la restauración ambiental posterior; poner de manifiesto sus ventajas; justificar debidamente su aplicación; y resolver cuantas dudas pudieran ser planteadas por los receptores del cursillo.

El cursillo se impartió a todo el personal participante en los trabajos de la obra civil en grupos de tamaño variable (en torno a las 40 personas) y duración aproximada de 1 hora. En general, se apreció una cierta reticencia ante la proposición de una nueva conducta laboral. Ello refuerza la necesidad de generalizar estos cursos de formación, pues difícilmente se aplicarán unas nuevas normas de conducta, si no se conoce ni comprende su utilidad y los beneficios que de ella se derivan.

#### *4.3. Supervisión de la restitución del terreno a su perfil original o al más apropiado para su restauración posterior*

Durante la ejecución de la obra civil, el E.C.V.A. supervisó la restitución del terreno a su perfil original (donde así era posible) o a otro más apropiado para facilitar su restauración ambiental posterior. En especial, se ha comprobado la necesidad de un seguimiento cuidadoso de las siguientes tareas:

a) Retirada de la tierra vegetal, conservación y mantenimiento de ésta en condiciones apropiadas; y, finalmente, su correcto extendido otra vez sobre el terreno. La utilización de la tierra vegetal para cubrir las superficies que van a ser tratadas mediante técnicas de revegetación asegura en gran medida su éxito y, en algunos casos, puede llegar a hacerlas innecesarias.

b) Retirada de las rocas y pedregosidad excesiva a vertedero, impidiendo la formación de superficies de imposible revegetación.

c) La adopción de medidas complementarias de control de la escorrentía superficial, en los taludes de mayor longitud y pendiente.

De especial importancia resultó la intervención del E.C.V.A. en el estudio de alternativas y aportación de soluciones en: casos de alto impacto ambiental; minimización de dificultades posteriores de restauración; y aparición de

riesgos de inestabilidad o daños a la obra civil.

#### *4.4. Elección de la localización de vertederos, control de su morfología final y de su revegetación*

La labor del E.C.V.A. fue la búsqueda de lugares de vertido generadores de los mínimos problemas ambientales posibles, teniendo en cuenta también criterios económicos (que generalmente son los únicos tomados en consideración) de distancia de transporte y facilidad de acceso para los camiones. Las canteras abandonadas y las zonas de préstamo de la propia obra fueron utilizadas con prioridad.

La morfología de los vertederos se adaptó a la de su entorno, hasta el punto de que al día de hoy generalmente pasan desapercibidos, incluso para un observador experto.

#### *4.5. Colaboración en la definición de nuevas pistas forestales y caminos de acceso a la obra*

Dado que el trazado atravesaba zonas de relieve bastante accidentado y en algunos casos poco accesibles, esta función se reveló de gran importancia. El E.C.V.A. procuró fomentar la utilización de caminos y sendas rurales ya existentes, que se ensancharon expresamente y se repararon tras las obras, produciendo un efecto positivo desde el punto de vista social, pues la población residente en la zona acogió muy favorablemente las mejoras realizadas. Donde fue preciso, se colaboró en la definición de nuevos caminos aportando consideraciones ambientales y asegurando la restauración de los impactos producidos.

#### *4.6. Asesoramiento al Promotor de la obra en la resolución de: las modificaciones al Proyecto de Restauración Ambiental planteadas por el Contratista y los imprevistos surgidos durante las obras*

En los primeros momentos de ejecución de los trabajos de revegetación, el Contratista planteó algunas modificaciones significativas al Proyecto redactado por el E.C.V.A. Todas iban encaminadas a rebajar sus costes (sin modificar los precios unitarios), justificando que no implicaban una alteración sustancial de la calidad final a obtener. El E.C.V.A. estudió las modificaciones propuestas y desestimó, razonadamente, todas aquéllas que consideró injustificadas y no aceptables, que fueron la mayoría. Los resultados finales y la experiencia habida durante los trabajos confirmaron el criterio aplicado.

Por citar un ejemplo, el Contratista solicitó utilizar para la hidrosiembra un determinado estabilizador. El E.C.V.A. requirió información técnica sobre el producto; el análisis de la misma hizo que no se autorizara su empleo, pues no resistía la helada (probable en ciertas zonas durante algunas épocas de ejecución) y precisaba muchas horas para ejercer su función de coaligante (o no llegaba a cumplirla)

en condiciones de humedad elevada y/o precipitaciones frecuentes (circunstancias que se daban en ese momento en la obra).

Como suele suceder, durante la ejecución de la revegetación surgieron imprevistos en cuya resolución el E.C.V.A. asesoró al Promotor. Nuevamente los casos a relatar permitirían una amplia exposición, sin embargo parece suficiente comentar un ejemplo: reiterados y sucesivos incumplimientos del Contratista respecto a los medios humanos y materiales contratados le condujeron a acumular un retraso que hacia prever que la obra no podría acabarse; en consecuencia, el E.C.V.A. procedió a definir las órdenes de prioridad de ejecución de las distintas zonas de actuación (para lo que tomó en consideración, el riesgo de erosión, el interés ecológico de la zona afectada y el impacto paisajístico producido) de cuyo incumplimiento se derivaban perjuicios económicos para el Contratista; en otro sentido, se presionó a éste para incrementar los medios disponibles y poder acabar los trabajos en plazo.

#### 4.7. Replanteo de los trabajos del Proyecto de Revegetación

Como ya se ha comentado, el Proyecto de Revegetación se redactó sin poder contrastar, como hubiera sido de desear, la información temática básica de partida (elaborada por otra Empresa). Sea en parte porque ésta no era suficientemente ajustada a la realidad, sea porque durante la ejecución de la obra civil se introdujeron (como es habitual) pequeños cambios sobre el terreno (que desde el punto de vista de la revegetación resultaron más significativos), la fase de replanteo fue esencial para la buena marcha del proyecto.

Además se comprobó que las superficies a tratar habían sufrido, en algunas zonas, ampliaciones respecto a lo previsto en el proyecto. De ello podía derivarse un presupuesto insuficiente y por lo tanto la imposibilidad de acabar los trabajos por este motivo.

Todo ello aconsejó realizar un modificado del proyecto de Revegetación, mediante la revisión a pie de obra de las zonas de actuación. Esto permitió realizar los cambios precisos, sustituyendo tratamientos más caros por otros más baratos. En este sentido fue posible:

a) Reducir significativamente las superficies a tratar con manta orgánica, pasando a realizarlas con hidrosiembra (suponía una reducción media de su precio por m<sup>2</sup> en torno a un 62 %). El presupuesto finalmente empleado en mantas orgánicas sufrió una reducción del 90 % respecto a lo inicialmente previsto.

- m<sup>2</sup> de manta orgánica terminada..... 674 ptas.

- m<sup>2</sup> de hidrosiembra (incluido tapado)..... 230 a 261 ptas.

b) Pasar zonas que inicialmente se iban a hidrosiembra, a tratarlas con siembra (suponía una reducción media de su precio por m<sup>2</sup> de alrededor de un 75 %). La aparición de zonas de actuación con más superficie de la prevista (estimada a partir de los datos del Proyecto de la Obra Civil) supuso incrementar en 75.000 m<sup>2</sup> (un 25 % de la superficie inicialmente proyectada), el tratamiento de hidrosiembra; esto se vio compensado por el paso de alrededor de 100.000 m<sup>2</sup> de hidrosiembras a siembras (un 33 % de la superficie inicialmente proyectada).

- m<sup>2</sup> de hidrosiembra (incluido tapado)..... 230 a 261 ptas.

- m<sup>2</sup> de siembra terminada ..... 52 a 55 ptas.

c) Reducir el número de especies y de unidades a plantar. El número de especies arbóreas finalmente utilizadas fue de 14 (se desecharon 8 de las previstas en principio y se incluyeron 3 nuevas), mientras que en arbustos fue de 10 (6 menos de las proyectadas), lo que facilitó la ejecución. El número total de pies a plantar se vio reducido con el modificado en algo más de 2.400 unidades (minoración ligeramente superior al 9 %).

En resumen, el replanteo ajustado de la obra permitió al Promotor tratar más superficie con un coste ligeramente inferior.

#### 4.8. Control de la calidad y cantidad de los materiales utilizados

Se reveló como una actuación del E.C.V.A. clave en el buen resultado final. El Pliego de Condiciones exigía al Contratista someter a la aprobación de la Dirección de Obra todos los materiales utilizados.

Entre los defectos de calidad de mayor importancia detectados en siembras e hidrosiembras y corregidos, cabe citar:

a) Empleo de semilla de baja calidad. Habitualmente se procedió a comprobar que el sellado de los sacos de semillas era apropiado, el etiquetado correcto y los datos de germinación y pureza, requeridos por el Pliego, aceptables. En más de una ocasión hubo que rechazar partidas, que fueron debidamente sustituidas. También se realizaron análisis de contraste que, en varios casos, evidenciaron como poco fiables los datos aportados por el Contratista; esto fue un argumento de peso a la hora de obligar a éste a repetir zonas con mal resultado.

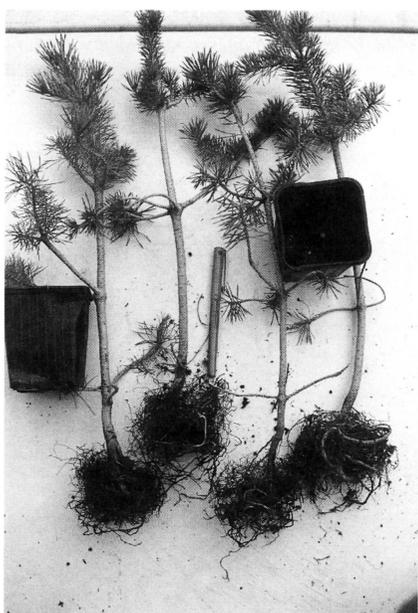
b) Empleo de estabilizadores inadecuados en la hidrosiembra, ya comentado.

c) Utilización de abonos de menor riqueza de los prescritos.

Respecto a las plantaciones, el Pliego de Condiciones elaborado por el E.C.V.A. establecía con detalle los requerimientos exigibles al material vegetal a utilizar en las plantaciones. En concreto, resultó crucial controlar la buena conformación, desarrollo, estado sanitario, tamaño, condiciones de manipulación y conservación de las plantas utilizadas.

Se realizó una inspección de todas las partidas recibidas de las distintas especies, pie a pie, si el número era pequeño y con un muestreo estadístico, si éste era elevado. Las deficiencias más significativas encontradas, que cuando se consideró necesario conllevó el rechazo de la partida defectuosa, fueron:

- a) Tamaño de la planta muy inferior al indicado en el Pliego.
- b) Sistemas radicales defectuosos (raíces revueltas, enrolladas, etc.) en las especies arbóreas.
- c) Sustitución de planta con cepellón (más cara y más segura) tal y como establecía el Pliego, por planta a raíz desnuda (más barata, pero con un resultado final mucho más incierto).
- d) Planta con tallos y yemas terminales puntisecos.
- e) Planta con una parte aérea desproporcionadamente grande frente al cepellón.



*Ejemplares de una partida de pino silvestre, rechazada por presentar: raíces enrolladas y una fuerte desproporción entre la parte aérea y el sistema radical.*

f) Confusión en la identificación de especies arbóreas o de matorral.

g) Utilización de contenedores sin dispositivos antiespiralizantes, para especies arbóreas.

h) Inadecuadas condiciones de almacenamiento de las plantas previamente a su colocación en la obra.

El control de calidad se realizó de forma sistemática, mediante fichas normalizadas elaboradas para cada caso.

A título de ejemplo hay que citar que se rechazaron las partidas correspondientes a 2 especies de matorral y 3 arbóreas por defectos diversos. De no haberse hecho así, los defectos hubieran alcanzado al 45 % de los ejemplares plantados en toda la obra y al 59 % de los pies arbóreos.

El control se extendió también a la cantidad de los materiales precisos para siembras, hidrosiembras y plantaciones. En primer lugar se comprobó que el acopio de materiales realizado era suficiente para ejecutar todas las actuaciones proyectadas. En segundo lugar se supervisó que la dosificación de los distintos productos durante la ejecución de los trabajos fuera correcta; en particular, debe llamarse la atención sobre dos aspectos que resultaron especialmente importantes:

a) Siempre que sea posible debe comprobarse el llenado de las hidrosemebradoras. En la obra aquí analizada puede afirmarse, sin temor a equivocarse, que en aquellos casos en que no se pudo realizar este control, la dosificación de los distintos productos fue inferior a la proyectada.

b) Debe prepararse un método sencillo para dosificar los productos que acompañan a la planta en la plantación (abonos, polímero absorbente, etc., cuyo precio en esta obra era un porcentaje apreciable del precio de plantación y, por lo tanto, un punto en que el Contratista, claramente, estaba tentado de hacer algunos "ahorrillos") y que contribuyen notablemente a que ésta tenga éxito. En el caso que nos ocupa, después de ordenar verbalmente y por escrito varias veces la preparación de estos dosificadores, fue preciso parar la obra (recién iniciada la plantación) para que el Contratista cumpliera lo ordenado.

Durante la ejecución se efectuaron otros controles aleatoriamente, habiéndose detectado, entre otras cosas, peso inferior al indicado por el Contratista en sacos de abono, semillas, etc. y, en general, actuaciones encaminadas a hacer "ahorrillos".

#### 4.9. Control de la ejecución de los trabajos

El E.C.V.A. supervisó la ejecución de siembras, hidrosiembras y plantaciones conforme establecía el Pliego de Condiciones y la buena práctica aconseja. Siempre

que las disponibilidades de personal lo permitieron, el control se efectuó en el mismo momento de la ejecución.

Desgraciadamente, en más ocasiones de las deseables, se constató una realización de los trabajos poco cuidadosa, por lo que hubo que recordarle reiteradamente al Contratista la forma de ejecución correcta. En aquellos casos en que, a pesar de todo, éste desoyó las indicaciones del E.C.V.A., se tomó buena nota para que, llegado el momento de tener que ordenar la repetición de trabajos por cuenta del Contratista, éste no pudiera achacar el mal resultado a causas externas que le eximieran de responsabilidad.

Como ejemplos de mala ejecución se pueden citar, entre otros:

a) Permitir el transcurso de más de 1 semana entre la primera pasada de la hidrosiembra y el tapado correspondiente (deben realizarse el mismo día). Condujo inevitablemente a la repetición del tratamiento.

b) Tendidos de manguera excesivamente largos, con la consiguiente falta de presión, que producía una mala distribución de la hidrosiembra y resultados poco homogéneos. También dieron lugar a repeticiones.

c) Mala distribución de la hidrosiembra, por inexperiencia de los peones contratados en la zona y falta de supervisión del escaso equipo técnico del Contratista.

d) Falta de preparación adecuada del suelo, previa a siembras e hidrosiembras, tal y como establecía el Pliego y ordenaba el E.C.V.A. Obligó a hacer repetir trabajos.

e) Ejecución de hidrosiembras con vientos fuertes que hacían imposible su correcta distribución sobre el terreno.

f) Tamaño insuficiente de los hoyos de plantación. Tuvieron que repararlos.

g) No colocación de protectores como establecía el Proyecto y ordenó el E.C.V.A. Fue motivo de considerar como marras las plantas dañadas por la fauna salvaje y de ordenar su reposición.

h) Utilización de tutores inadecuados en la plantación. Los colocados en la primera temporada de plantación (sin autorización del E.C.V.A.) debieron ser sustituidos en su totalidad posteriormente, dado que ni uno sólo permanecía en pie a los pocos meses.

i) Repetidos olvidos de planta sin colocar en los tajos, lo que evidenciaba una nula supervisión de los capataces del Contratista.

j) Colocación de plantas torcidas, demasiado enterradas, con el cuello de la raíz al aire, etc.

k) No realizar el mismo día de la plantación el riego consiguiente, dejando transcurrir en alguna ocasión hasta 10 días para ello. El elevado porcentaje de marras obtenido en esos casos concretos puso de manifiesto el defecto de ejecución que el E.C.V.A. había registrado, por lo que el Contratista debió repetir los trabajos a su coste.

Una consecuencia apreciable de la presencia permanente del E.C.V.A. a pie de obra, en los períodos claves, ha sido supervisar que los trabajos se realizaban en los períodos óptimos desde el punto de vista climatológico. Ello ha



*Estado de un talud de 260 m de longitud y un 46% de pendiente media, durante la ejecución de la obra. Se aprecia el intenso movimiento de tierras realizado en la apertura de la zanja y en la pista de trabajo (de 18 m de anchura).*



*Estado del mismo talud de la foto anterior tratado con reposición de la tierra vegetal e hidrosiembra, al año de su ejecución. El tratamiento se completa por medio de una plantación parcial con planta de pequeña dimensión, inapreciable en la foto.*

contribuido significativamente a asegurar los resultados de la revegetación y a reducir los trabajos de mantenimiento (gracias a las favorables condiciones meteorológicas registradas). Esto último ha supuesto un notable ahorro económico.

#### *4.10. Control de la producción diaria y de los medios dispuestos en obra*

El E.C.V.A. desarrolló un seguimiento diario de los trabajos realizados, y de los medios humanos y materiales dispuestos por el Contratista en la obra. Ello permitió detectar varias veces retrasos inadmisibles y reclamar el despliegue de los medios precisos.

El Contratista mantuvo durante varios períodos equipos humanos y maquinarias inferiores a los contractuales. Asimismo inició siempre los trabajos con retraso respecto a las fechas previstas en sus propios programas de trabajo; de ello dejó constancia el E.C.V.A. y cuando, como consecuencia, fue preciso ejecutar trabajos fuera de los plazos óptimos, el Contratista se vio obligado a asumir los riesgos, comprometiéndose a repetir las zonas que resultaran mal, a su costa.

Periódicamente se realizaba una comprobación de los rendimientos obtenidos en siembras, hidrosiembras y plantaciones, comparándolos con los reflejados en la Oferta del Contratista y analizando en qué forma las desviaciones afectaban al programa de trabajo previsto.

La recopilación de datos efectuada por el E.C.V.A. fue un elemento decisivo que permitió al Promotor (cuando agotó su paciencia) dar por finalizadas las obras, aunque éstas no se habían completado, sin que el Contratista pudiera presentar ninguna reclamación.

#### *4.11. Recopilación de datos meteorológicos directamente en obra y de organismos oficiales*

Diariamente, el E.C.V.A. recogía todas las condiciones meteorológicas reinantes en los tajos. Complementariamente se recababan del Organismo Oficial competente los datos diarios de temperatura y precipitación. Ello permitió determinar con precisión los períodos óptimos para la ejecución de los trabajos. Asimismo ayudó a desmontar en más de una ocasión las excusas del Contratista que, por ejemplo: en unos casos achacaba a las adversas condiciones climatológicas la causa de los retrasos; y, en otros, a las prolongadas sequías, los motivos de los malos resultados obtenidos.

#### *4.12. Elaboración de informes mensuales y especiales*

El E.C.V.A. elaboraba mensualmente informes, recogiendo: la producción realizada y los medios empleados para ello; los datos climatológicos; las incidencias habidas; la actividad

desarrollada por el propio E.C.V.A.; y todos aquellos aspectos que resultaran relevantes. En Anexo se incluían todos los escritos intercambiados con el Contratista (en los momentos más tormentosos llegaron a enviársele 5 comunicados diarios) y las Actas de las reuniones celebradas.

Complementariamente se realizaron cuantos informes específicos se consideraron precisos. Entre los más relevantes cabe citar aquéllos en los que se recogían los trabajos de resiembra (repetición de siembras e hidrosiembras) y reposición de marras (vuelta a colocar los ejemplares muertos o defectuosos en la plantación) que el Contratista debía ejecutar, que debieron ser argumentados técnicamente en profundidad, para rebatir las múltiples excusas que éste planteó.

#### *4.13. Control de las certificaciones mensuales*

Hubo de realizarse muy cuidadosamente, dada la inagotable capacidad del Contratista para equivocarse. Más de una vez se detectaron duplicaciones de la superficie de una misma zona de actuación bajo denominaciones distintas, que en una comprobación poco detallada podían pasar inadvertidas.

Otra consecuencia relevante de la supervisión realizada ha sido descontar en las certificaciones todas aquellas operaciones de la plantación que en algunos casos han podido evitarse (por ejemplo: el riego de plantación en algunas zonas, el polímero absorbente en ciertas zonas, aporte de suelo aceptable en bastantes ocasiones, etc.) y que el Contratista tenía intención de facturar sin más. El ahorro ha supuesto algo más de un 17% del presupuesto destinado a plantación.

La intervención del E.C.V.A. ha sido una garantía para el Promotor de que lo certificado, se había ejecutado de verdad.

#### *4.14. Elaboración de las Actas de Reunión y de Comunicados y órdenes al Contratista*

El E.C.V.A. actuó como Secretario de todas las Reuniones, en muchas ocasiones de contenido trascendental, asesorando al Promotor y defendiendo razonadamente sus intereses.

Durante la marcha de la obra fueron numerosos los comunicados y órdenes enviados al Contratista, que han resultado de gran importancia por dejar constancia escrita de muchos sucesos y han constituido una base documental inestimable para rebatir muchas de las excusas planteadas por él.

Por supuesto el E.C.V.A. llevó un cuidadoso archivo de todos los escritos enviados y recibidos, así como de las Actas de Reunión.

#### 4.15. Representación del Promotor ante los organismos medioambientales competentes

El E.C.V.A. ejerció el asesoramiento y la representación del promotor ante los organismos medioambientales competentes. Éstos siguieron con notable interés la marcha de las obras, dada su complejidad e importancia, así como la fragilidad de algunos de los ecosistemas atravesados. El resultado final fue juzgado como francamente satisfactorio por los organismos citados. Dada la creciente conciencia social sobre los problemas medioambientales y su instrumentación, en ocasiones con fines muy diversos, con los problemas que de ello se derivan, esta función del E.C.V.A. resulta de gran importancia.

#### 5. Resultados del trabajo del equipo de control y vigilancia

Muchos de los beneficios derivados del trabajo del E.C.V.A. se deducen claramente de lo anteriormente expuesto, pero resultan de imposible cuantificación. No obstante se expondrán brevemente las ideas principales, acompañadas de datos cuantitativos cuando resulte posible.

##### 5.1. Resultados del control de la restitución del terreno a su perfil original

Donde se siguieron cuidadosamente las indicaciones del E.C.V.A., la correcta restitución del terreno y, sobre todo, la reimplantación de la tierra vegetal, han sido una parte muy importante del éxito final de la revegetación. En algunas localizaciones concretas, ésta, incluso, ha sido innecesaria, habiéndose conseguido la regeneración natural del terreno.

##### 5.2. Resultados de los trabajos de revegetación

A pesar de todas las incidencias comentadas, que fueron corregidas por la intervención del E.C.V.A., tras la primera ejecución y antes de llevarse a cabo las resiembras y la reposición de mallas, los resultados de la revegetación son los siguientes:

a) Hidrosiembras (% respecto a la superficie total tratada con esta técnica):

-79 %, con resultado de aceptable a excelente.

-8 %, con un resultado irregular, que se volvió a tratar de manera simplificada

-13 %, con mal resultado, donde hubo que repetir el tratamiento íntegramente.

b) Siembras (% respecto a la superficie total tratada con esta técnica):



*Ejemplo de zona llana afectada por la obra, sin revegetar, al año de la finalización de la construcción.*



*Estado de una zona llana similar y próxima a la de la foto anterior, tratada con siembra mecánica, al año de su revegetación. El resultado se calificó como excelente.*

-90 %, con resultado aceptable a excelente.

-10 %, con mal resultado, donde hubo que repetir el tratamiento íntegramente.

c) Plantación: 20 % de mallas a reponer.

d) Tratamiento con tepes de pastizal natural: buen resultado general.

e) Tratamiento con mantas orgánicas: buen resultado general.

##### 5.3. Rentabilidad económica de las labores desempeñadas por el E.C.V.A.

El presupuesto inicialmente previsto en el Proyecto de revegetación sufrió una reducción del 22,8 % debido a la supervisión del E.C.V.A. Los ahorros se han producido en los siguientes conceptos:

a) 9,3 %, con los cambios de tratamiento realizados en el replanteo de la obra.

b) 12 %, al reducir las operaciones de mantenimiento gracias a las favorables condiciones meteorológicas.

c) 1,5 %, como resultado de ajustar la realización de algunas operaciones de los trabajos de plantación a aquellos casos en que resultaba estrictamente necesario (ha supuesto un 17,3 % del presupuesto destinado a plantación).

A este respecto conviene puntualizar que el concurso entre los contratistas que ofertaron para ejecutar la obra fue sin precio de referencia. Es decir, eran ellos mismos los que determinaban los precios unitarios con los que pensaban realizar los trabajos, a partir del conocimiento del tipo de actuaciones a llevar a cabo y del volumen de obra previsto. No cabe, por tanto, explicar los ahorros económicos realizados como consecuencia de un presupuesto inflado o inadecuadamente redactado por el E.C.V.A.

En definitiva, las actividades de Control y Vigilancia que

más han contribuido a los ahorros económicos producidos han sido:

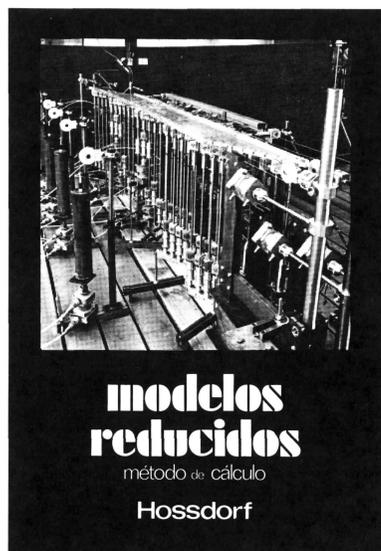
- El replanteo de los trabajos de revegetación.

- El control de la ejecución de los trabajos, y particularmente la limitación de que éstos se desarrollaran durante los plazos óptimos desde un punto de vista climatológico, que han permitido economizar muy significativamente en labores de mantenimiento.

Como conclusión final hay que apuntar que en el futuro este tipo de tareas de control deberán generalizarse en obras de cierta magnitud, dados sus indudables beneficios. Si bien los favorables resultados obtenidos en el caso expuesto no son extrapolables automáticamente, sin duda deben hacer reflexionar a los responsables de estos trabajos. El apoyo de un E.C.V.A. a la Dirección de Obra redundará con certeza en una mayor calidad final de los trabajos y conducirá a ahorros económicos para el Promotor, que éste podrá invertir en ampliar los tratamientos, si es el caso.

\* \* \*

## Publicaciones del IETCC/CSIC

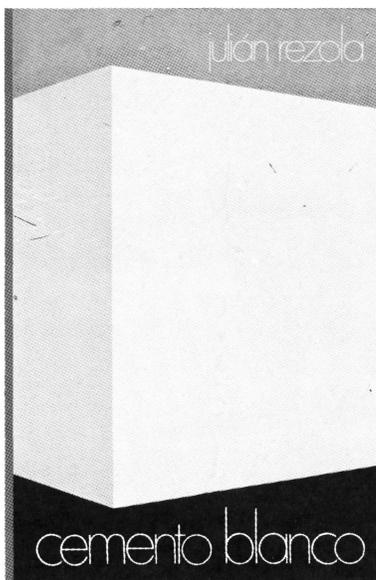


**Modelos reducidos. Método de cálculo**

H. Hossdorf, Ingeniero Civil

La técnica de los ensayos en modelos reducidos de estructuras sufre hoy día una decisiva metamorfosis. Hasta hace poco era un medio más bien de artesanía, que no siempre era tomado en serio por los académicos teorizantes para comprender el comportamiento resistente de las estructuras complejas y al que se acudió las más de las veces, como a un último remedio debido a sus indiscutibles insuficiencias. Sin embargo, en poco tiempo y gracias a su conexión con los ordenadores digitales, se ha transformado en un instrumento científicamente valioso, que no puede quedar a un lado en la práctica diaria del Ingeniero Projectista.

Un volumen encuadernado en cartón plastificado con lomo de tela, de 17 x 24 cm, compuesto de 250 páginas, 158 figuras y fotografías.



**Cemento blanco**

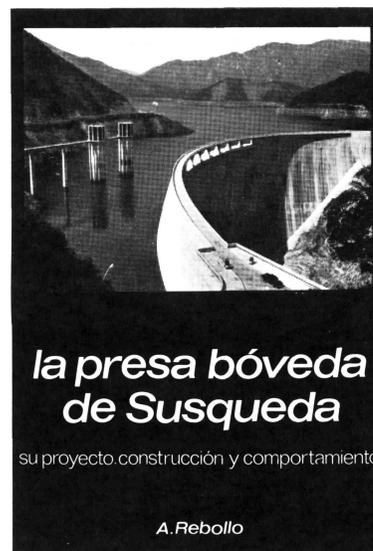
Julián Rezola  
Ingeniero Químico Dipl. I. Q. S.

Sabido es que existe una extensa y documentada bibliografía sobre el cemento gris; en cambio, no puede decirse lo mismo acerca del cemento portland blanco, ya que los escritos existentes se refieren tan sólo a algunas peculiaridades que le distinguen de aquél.

El autor nos ofrece sus profundos conocimientos y su larga experiencia tanto en laboratorio como en fabricación.

La parte descriptiva del libro se complementa con gráficos, diagramas y fotografías de gran utilidad, destinados a conseguir la aplicación apropiada de este aglomerante.

Un volumen encuadernado en cartón policerado, de 17,4 x 24,3 cm, compuesto de 395 páginas, numerosas figuras, tablas y abacos.



**La presa bóveda de Susqueda**

A. Rebollo,  
Dr. Ingeniero de Carninos

El esfuerzo del constructor de presas se sitúa, por su pretensión de perennidad, a contracorriente de las tendencias de la civilización actual, caracterizada por lo fungible. Pueden evocarse las 10.000 grandes presas en funcionamiento o en construcción que están envejeciendo y reclaman los cuidados gerontológicos para mantener y perfeccionar su servicio y garantizar su inalienable pretensión de perennidad. En la medida en que todas nuevas obras, grandes o pequeñas, son portadoras de riesgos ecológicos y, a veces, catastróficos, que aumentan con el envejecimiento, la gerontología de las presas es todo un emplazo. La acción adelantada de Arturo Rebollo en este terreno marca un camino a seguir para todos los que aman su propia obra con la devoción paternal que él ha puesto en Susqueda.

Un volumen encuadernado en cartón plastificado con lomo de tela, de 18 x 24,5 cm, compuesto de 408 páginas, 330 figuras y fotografías y 39 tablas.