

La integración ambiental de las obras de carreteras en entornos rurales

ALBERTO VALLE ÁLVAREZ
Ingeniero de Montes



ALGUNAS IDEAS PREVIAS....

ENMASCARAMIENTO *versus* INTEGRACIÓN DE LAS ACTUACIONES

Habitualmente, las medidas de corrección ambiental definidas para minimizar los impactos derivados de las obras civiles sólo intentan **enmascarar o difuminar la pérdida de calidad visual** que han provocado.

Lo anterior es particularmente común en los tratamientos que se dan a muchos elementos, entre los que destacan los **taludes** de las carreteras y vías de comunicación.

En estos casos, se suele recurrir a **tratamientos de mejora del color y estructura** de los elementos superficiales.

Las medidas anteriores en ningún caso pueden ser consideradas como actuaciones de restauración, pues se limitan —muchas veces con escaso éxito— al mero “maquillaje estético”, sin que en su diseño se contemple de forma específica la recuperación real de la unidades ambientales preexistentes.

Se trata de una actuación simple y llanamente de “*enmascaramiento visual*” que, si llega a desarrollar alguna función ecológica, es más por pura coincidencia que por voluntad del proyectista.

Frente a la limitada concepción anterior, lo que se plantea como "NUEVO"

OBJETIVO general es avanzar hacia la *Integración Ambiental de la Obra*.

La *Integración Ambiental* incluye la *adecuación estética*, pero la supera y completa para lograr una plena *"adecuación ecológico-paisajística"*.

**.... Y ALGUNAS APORTACIONES
Y EXPERIENCIAS EN CANTABRIA**

LA INTEGRACIÓN DE LAS OBRAS DE CARRETERAS

Enfoque "clásico": prácticamente los únicos limitantes de diseño son los derivados de los aspectos de ingeniería viaria y en los que subyace la **imposición de la carretera sobre el territorio.**

Enfoque "integrador": trata de que la carretera no se plantee como un sistema extraño al entorno en el que se desarrolla. Al contrario, por principio se aspira al **acoplamiento armónico** del vial dentro de las distintas unidades territoriales por las que discurre, dejando de ser un elemento de rotura y desconexión con el territorio circundante.

Enfoques técnicos para la gestión de infraestructuras viales

Imposición de la infraestructura

En la Imposición, la carretera se caracteriza por:

- Ser extraña al territorio
- Actuar como frontera y elemento disruptor
- Provocar una desconexión total con el entorno
- Buscar una clara desvinculación con el espacio que la rodea
- Limitarse a incluir medidas de "maquillaje" para mejorar su estética

Integración de la infraestructura

En la Integración, la carretera se caracteriza por:

- Buscar el acoplamiento con el entorno
- Ser un instrumento para el mantenimiento del territorio
- Aspirar a la transición suave y a la continuidad
- Ir más allá de la estética visual para buscar la satisfacción de múltiples funciones, incluidas las ecológicas

Este nuevo enfoque **no se limita al medio natural**, sino que lógicamente también es de aplicación a cualquier marco en el que nos movamos, incluido el **mundo rural y urbano**.

Se trata de utilizar el concepto de *integración* en todas sus dimensiones, haciendo de la **carretera un instrumento para y por el territorio**, adaptado y armonizado con él. La carretera como elemento estructural, pero también funcional; como trazado y **no como frontera, lesión o división**.

La *Integración Ambiental de la Obra* supone una particularización del principio básico de *integración*, en la medida en la que su objetivo específico es, de forma destacada, el **acoplamiento de la nueva infraestructura a las peculiaridades ecológicas** del territorio.

La *Integración Ambiental* no reduce los niveles de seguridad y funcionalidad exigidos a las obras de carretera; simplemente, **sus objetivos son más amplios**, por lo que la calidad final de la obra en su conjunto se incrementa frente a los enfoques clásicos de la ingeniería del transporte.

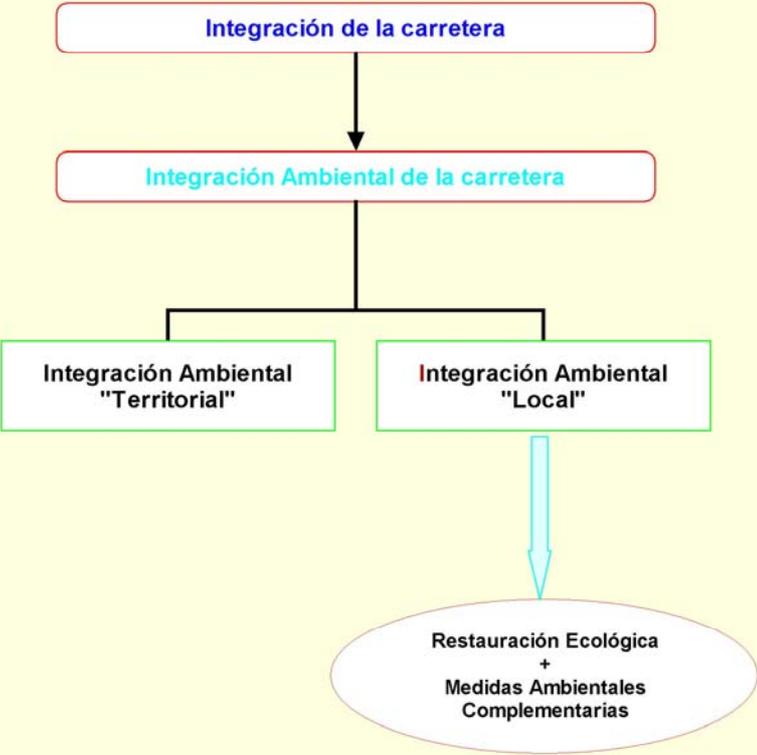
La aplicación de la *Integración Ambiental de la Obra* se plantea, al menos, a dos grandes **niveles**:

La Integración Ambiental "Territorial".

y

La Integración Ambiental "Local".

Conceptualización de la Integración de las infraestructuras



- **La Integración Ambiental "Territorial"**: está asociada al estudio de las alternativas de la obra y, consecuentemente, vinculado al nivel de **planificación** básica. El aspecto más relevante es, sin duda, la selección de las distintas **alternativas para el trazado**.
- **Integración Ambiental "Local"**: está vinculada al nivel de Proyecto, y su objetivo es lograr el acoplamiento ambiental de la infraestructura mediante la **restauración ecológica** real de los **elementos de la obra**. No se trata meramente de mejorar la estética, sino que se pretende **regenerar verdaderas unidades ambientales, perfectamente funcionales, sostenibles y coherentes ecológicamente** con el entorno en el que se imbuyen.

Simultáneamente, la aplicación de la **Integración Ambiental "Local"** exige la adopción de **"Medidas Ambientales Complementarias"** que minimicen la generación de **impactos durante el desarrollo de las obras y su explotación** posterior.

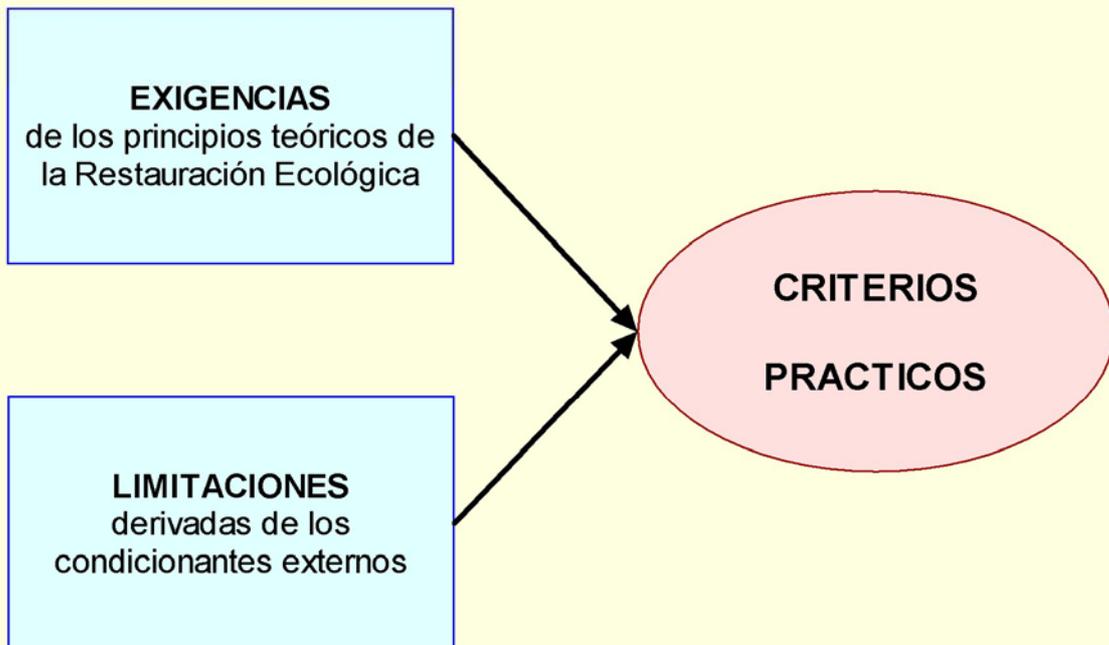
LA INTEGRACIÓN AMBIENTAL A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS PRINCIPIOS DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

La Integración Ambiental "Local", debe partir como **referencia** de **los principios generales de la Restauración Ambiental**.

No obstante, existen una serie de situaciones inevitables que hacen necesario matizar el enfoque teórico expresado anteriormente, sin que por ello se ponga en entredicho la "filosofía" subyacente en todo el proceso de ejecución.

Se hace preciso plantear una **aplicación gradual y ponderada** de la Restauración Ecológica.

Determinación de los criterios prácticos de la Restauración



Si se integran y compatibilizan las exigencias derivadas de la *Restauración Ecológica* con las inevitables limitaciones, se obtiene el **marco operativo real** de la *Integración Ambiental de la Obra* que debe basarse en los siguientes **5 principios de aplicación práctica**:

PRINCIPIO 1. - La imposibilidad de recuperar toda la superficie afectada por las obras exige una **atención preferente a la adecuación ambiental de los terrenos considerados tradicionalmente como "sobrantes"** de las obras o de aquellos elementos derivados de la **propia configuración geométrica** de la carretera. Dejando al margen las zonas de acopio o vertedero, entre estos terrenos destacan los **taludes, medianas** y espacios libres localizados en las **intersecciones, enlaces, glorietas** o similares.

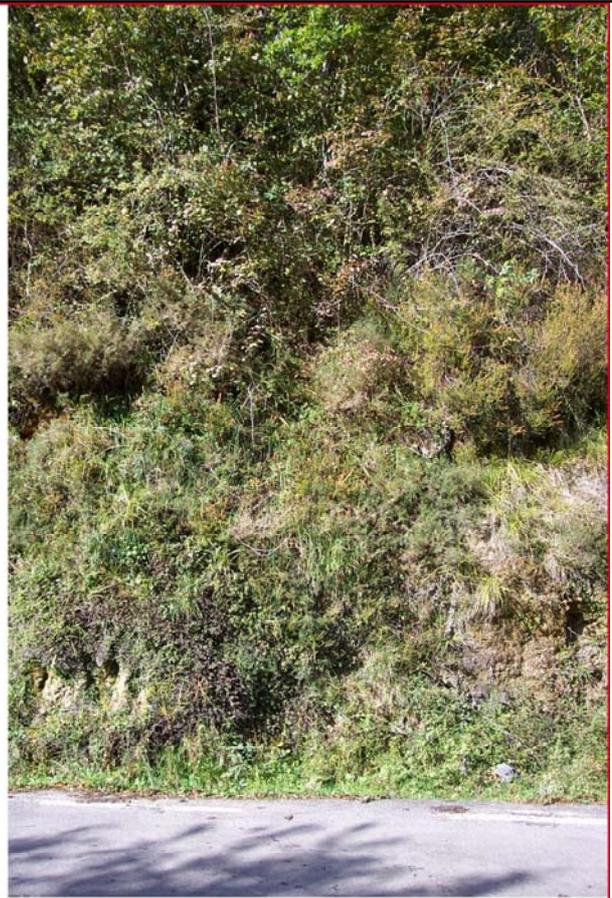
PRINCIPIO 2. - La *Restauración Ecológica* de las afecciones derivadas de los **movimientos de tierra de la obra**, y en especial de los **taludes**, debe plantearse teniendo en cuenta los siguientes **Criterios de Diseño Ambiental**:

- a) Debe promoverse la **diversidad biológica**, tanto específica como de "microformaciones", hábitats o nichos.
- b) La restauración se tiene que plantear a **diferentes escalas espaciales dentro de la propia obra**, considerando cada elemento como constituyente de uno de orden superior y, a su vez, contenedor de otros de menor amplitud.

- c) Hay que considerar el **talud como un sistema ambiental en sí mismo**, que tiene que desarrollar sus propias funciones biogeoquímicas y que se encuentra interconectado con otros sistemas similares y con el resto del territorio. Hay que potenciar la **interconexión** entre los distintos sistemas, es decir, **entre el conjunto de taludes**.
- d) Cada **talud debe ser tratado de forma singularizada**, analizando sus efectos sobre el ecosistema en el que se integra y, simultáneamente, detectando las pautas que le afectan como receptor de la influencia de los ambientes que le rodean.



Talud-Tipo

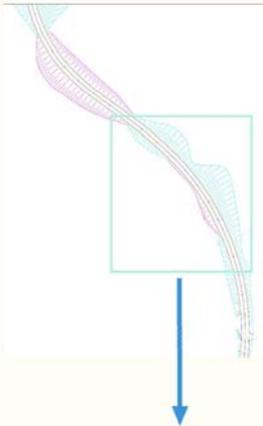
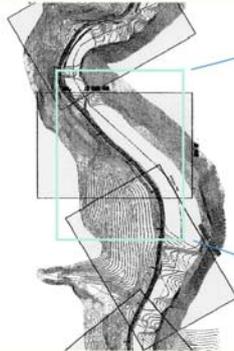
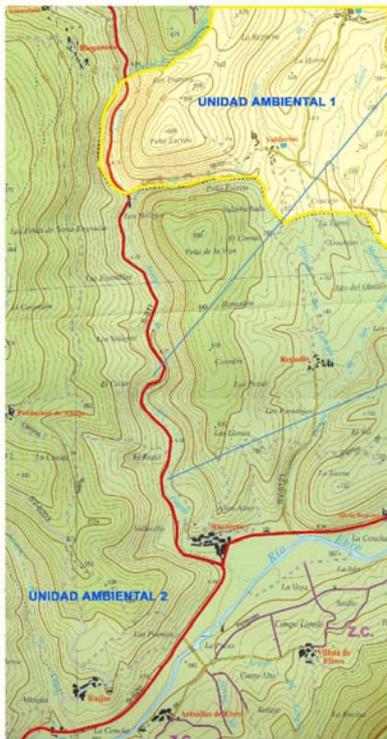


Horizonte de Naturalidad para el Talud-Tipo

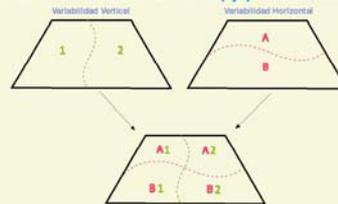
- e) Asimismo, **dentro de cada talud** hay que prestar especial atención a la **diversidad biológica** y a su potencial para **minimizar los impactos sobre los flujos de materia y energía** —principalmente los asociados al **ciclo hidrológico** y al movimiento de la **fauna**—; **y sobre la calidad de los recursos naturales**, en especial lo referente a la **calidad del agua** y a las **molestias** inducidas sobre la fauna. La minimización anterior también supone una mejora de la **conectividad ambiental** del "sistema-talud" y de su entorno.
- f) Los taludes no hay que considerarlos como elementos homogéneos, sino que debe plantearse su restauración favoreciendo la **variabilidad longitudinal y transversal**.
- g) La *Restauración Ecológica* debe **simultanearse con la adopción de las medidas preventivas** oportunas durante el desarrollo de las obras.

Aplicación de la multiplicidad de escalas espaciales a la Restauración Ecológica de Taludes

MACROESCALA: análisis del talud dentro del entorno en el que se encuentra por sucesivas aproximaciones de detalle.



MICROESCALA: Análisis del talud como un sistema ambiental propio, en el que lo determinante son los procesos que se desarrollan en su interior. La Restauración Ecológica del talud se plantea mediante la búsqueda de la diversidad biológica y la mejora de los flujos ecológicos. La primera se facilita maximizando la heterogeneidad vertical y horizontal del talud; y la segunda minimizando la afección a los procesos del ciclo hidrológico, a la calidad del agua y a la conectividad del territorio (ej. pasos de fauna).



Diversificación del talud a través de la variabilidad
 Las unidades estructurales no deben considerarse los bloques homogéneos, sino que han de buscar la heterogeneidad

PRINCIPIO 3. - Incluso en aquellas situaciones en las que la existencia de **limitaciones inevitables** no permita la aplicación completa de los principios de la *Restauración Ecológica*, se puede plantear una aplicación gradual y ponderada de dicha restauración o, lo que es lo mismo, definir una aproximación intermedia que denominaremos de "**naturalización**" para diferenciarla del "**enmascaramiento visual**",

La **naturalización**, sin ser plenamente ecológica, **no se limita a lo meramente estético**, sino que intenta simultanear la corrección del impacto visual con el incremento del valor ambiental del elemento "estructural" (un talud, una mediana, etc.,) mediante el **desarrollo de alguna función ecológica**, aunque sea parcial.

Tipos de tratamientos de los taludes según el modelo de gestión

Imposición de la Obra

Ingeniería Clásica → Enmascaramiento visual

Integración Ambiental de la Obra

Nueva Ingeniería →
Naturalización
Restauración Ecológica



PRINCIPIO 4. - una de las claves para alcanzar el **éxito** de cualquier iniciativa de restauración ambiental es su aplicación mediante un proceso iterativo y adaptativo. Este enfoque se caracteriza por **entender la restauración como un proceso dinámico**, que continuamente ajusta sus objetivos en función de los resultados de su aplicación y de los avances de la ciencia o la técnica en la búsqueda de las **Mejores Técnicas Disponibles**.

PRINCIPIO 5. - Por otro lado, no sólo comprueba si se han cumplido los objetivos establecidos, sino también la validez de las acciones realizadas y de las hipótesis adoptadas. Esto exige, cuando menos, un *Programa de Vigilancia* a lo largo del tiempo.

LA **B**IOINGENIERÍA COMO INSTRUMENTO PARA LA **I**NTEGRACIÓN **A**MBIENTAL Y LA
RESTAURACIÓN **E**COLÓGICA DE LAS OBRAS DE CARRETERAS.
*APLICACIÓN A LOS **T**ALUDES*

Llegados a este punto, queda únicamente **definir la técnica más adecuada** para ejecutar sobre el terreno las labores necesarias que permitan, la *Restauración Ecológica* del medio y, en última instancia, la plena *Integración Ambiental de la Obra.*

Como se expone a continuación, la técnica propuesta será la **Bioingeniería**, en su concepto amplio.

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA BIOINGENIERÍA Y LA INGENIERÍA CLÁSICA

El enfoque "clásico" de la Ingeniería civil:

Resuelve el problema de la estabilización de taludes mediante su retención física con **productos "comerciales" de ingeniería civil** (mallas metálicas, estructuras de hormigón, etc.) generalmente bastante costosos y con importantes requisitos de mano de obra, materiales o complejidad técnica.

Lo frecuente es que estas soluciones den lugar a márgenes de la carretera que pertenecen funcionalmente y visualmente a ésta, existiendo una clara **diferenciación entre la obra y su entorno cercano**.

Este enfoque no facilita la *Restauración Ecológica* del talud e **impide la *Integración Ambiental de la Obra***, que es el objetivo final que se pretende.

Consecuentemente, se requiere una **alternativa** que cumpla con **dos premisas** básicas:

- Seguir los principios ya establecidos por la disciplina científica de la Restauración Ecológica.
- Garantizar, como mínimo, los objetivos que ya cumplen las técnicas de Ingeniería "clásica", en lo referente a seguridad, estabilidad y funcionalidad de los taludes y su contorno.

El nuevo enfoque de la Bioingeniería:

Lo que se plantea finalmente como alternativa —al menos para gran parte de los proyectos que se plantean— es la utilización de la *Ingeniería Ecológica*, *Ecoingeniería*, *Bioingeniería*, o *Bioingeniería de suelos*,

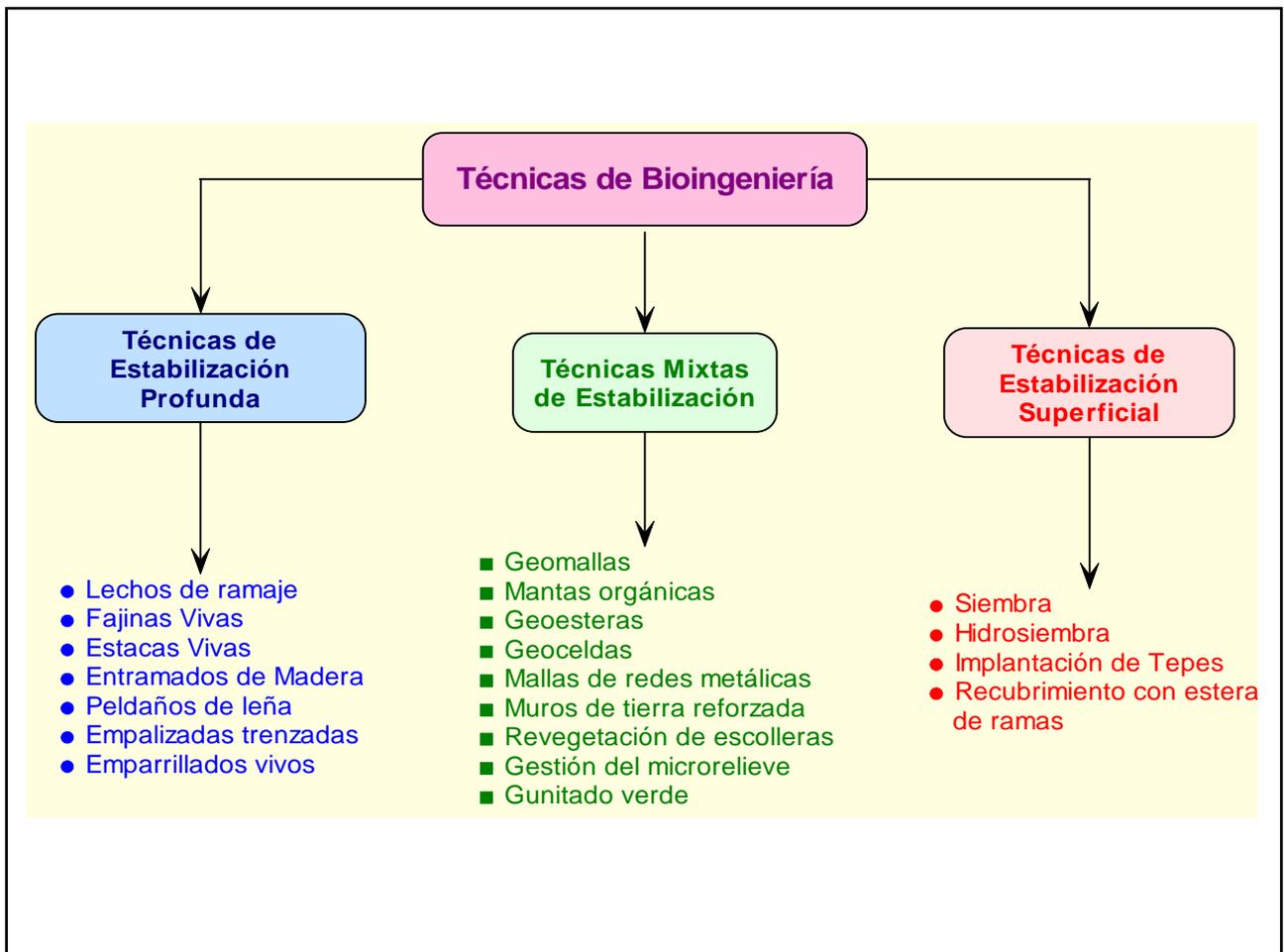
La *Bioingeniería* es una técnica que garantiza la estabilidad del terreno mediante la integración de los sistemas biológicos en los principios básicos de la ingeniería de taludes, de forma que, **además de asegurar la estabilidad estructural, genera una amplia serie de ventajas y funciones ecológicas** complementarias que la hacen extremadamente competitiva y con un valor ambiental muy superior a cualquier otro tipo de alternativa "clásica".

En última instancia, la *Bioingeniería* facilita la *Restauración Ecológica* del terreno y, por tanto, la *Integración Ambiental de la Obra*.

La **Bioingeniería** parte del conocimiento preciso de los **procedimientos que la Naturaleza emplea para retener las estructuras en pendiente**; a partir de ahí, dichos procedimientos se incorporan para su uso en la obra civil, previo control, cálculo de estabilidad y optimización.

Es decir, la *Ingeniería Ecológica* es un **procedimiento meramente técnico**, de forma similar a los métodos habituales de análisis de estabilidad del terreno, por lo que, igual que ellos, **aporta las debidas garantías** de funcionamiento y de predicción del comportamiento del suelo.

Tal y como ocurre con la Ingeniería "clásica", la *Bioingeniería* también dispone de **multiplicidad de soluciones técnicas** particulares. No obstante, sus instrumentos de implementación son estructuras generalmente vivas u orgánicas, o son productos que surgen de combinar materiales inorgánicos y vivos.



ENTRAMADOS DE MADERA

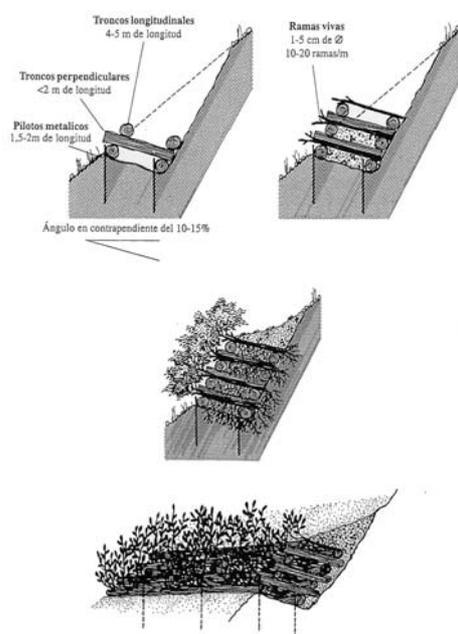


Figura 1. Esquema transversal de la instalación de un entramado de madera.

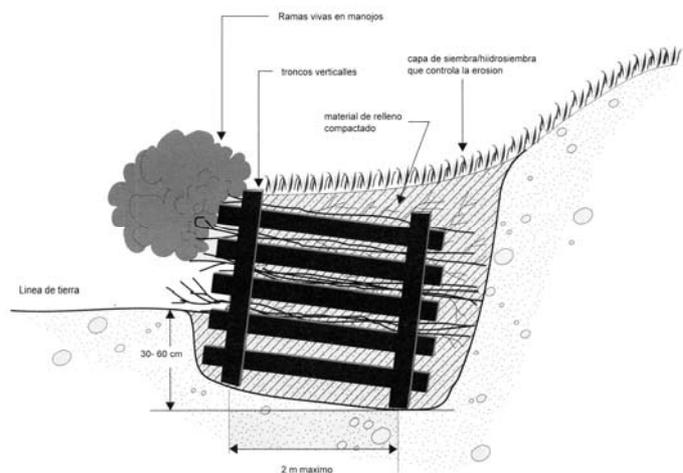


Figura 2. Diseño americano de un entramado de madera. Vista transversal.



Figura 3. Instalación de un entramado de madera, fases finales.

LA "EXCELENCIA AMBIENTAL" DE LAS OBRAS DE CARRETERAS A TRAVÉS DEL EMPLEO DE LA BIOINGENIERÍA

Las soluciones de la *Bioingeniería* consiguen una **multiplicidad de objetivos**, entre los cuales se encuentran, principalmente, los siguientes:

- **Estabilidad:** puesto que se trata de soluciones que cumplen con los requisitos exigidos por la Ingeniería "clásica" de taludes.
- **Integración:** tanto **ecológica** (proceso de **selección de las especies** vegetales y medidas para **minimizar la afecciones a los flujos naturales** y **apoyo a la restauración** de los ecosistemas afectados por la obra, acelerando los procesos naturales) como **visual** (utilización de **materiales** propios del entorno rural/natural).
- **Ahorro:** al permitir obtener parte del material necesario *in situ*. A este ahorro inicial hay que añadir el menor coste de mantenimiento.
- **Valor añadido.** Todo lo anterior genera un valor añadido que permite distinguir esta técnica de las demás soluciones constructivas por su valor **ecológico y paisajístico**.

Es decir, la **Bioingeniería** no se limita a conseguir una estabilidad estática de los taludes de las carreteras. Ofrece además un valor añadido que se extiende a toda la obra: **el valor ambiental**.

Produce una **Integración Ambiental de los taludes**, recreando cada uno de **los ambientes** que la carretera atraviesa. Aúna los dos conceptos que incluye la Integración Ambiental de la obra: la *adecuación estética y la adecuación ecológico-paisajística*.

No se trata de ocultar la obra reverdeciendo los taludes o cubriéndolos con vegetación de jardinería, sino que se busca recuperar un alto porcentaje de lo que se retira con la obra, restaurando parte de la comunidad viva que se alojaba antes de la construcción de la carretera.

Y además, se procura no introducir *elementos constructivos y materiales alóctonos* que puedan ir en detrimento de valores naturales, arquitectónicos o culturales de la región en la que se enclava la obra.

CONCLUSIONES

Actualmente **existen soluciones técnicas suficientes** como para que en las obras de infraestructuras en el medio rural se pueda lograr una eficaz **Integración Ambiental**: entre ellas destaca la introducción de la **Bioingeniería**, como alternativa técnica a las soluciones de la Ingeniería "clásica".

A través de la aplicación de **Integración Ambiental se logra tanto la adecuación estética como ecológico-paisajística**, que hace de la carretera un instrumento para y por el territorio, adaptado y armonizado con él.

El resultado es una obra de "**excelencia ambiental**" que, junto con una buena ejecución del resto de unidades de obra, permitirá finalmente que el proyecto de carreteras alcance un nivel de calidad óptimo, tal y como se debe exigir a las actuaciones de las Administraciones Públicas.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN