

Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats
causada por infraestructuras de transportes

1

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE PASOS DE FAUNA Y VALLADOS PERIMETRALES



**PRESCRIPCIONES TÉCNICAS
PARA EL DISEÑO DE PASOS
DE FAUNA Y VALLADOS PERIMETRALES**

Texto basado en los criterios técnicos aportados por el manual *Fauna y Tráfico. Manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones* (luell et al. 2005), que se elaboró en el marco de la Acción COST 341. Fragmentación hábitats causada por las infraestructuras de transporte.

Este documento se ha redactado en el marco de una **comisión técnica integrada en el Grupo de Trabajo sobre Fragmentación de Hábitats causada por Infraestructuras de Transporte**, (Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza) impulsado por la Dirección General para la Biodiversidad, en la que participaron las siguientes personas:

Georgina Álvarez Jiménez, Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente.

Xavier Baulies Bochaca, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya

Adolfo Delibes de Castro, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Castilla y León

Daniel Echeverría Jadraque, Departamento de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones, Gobierno de Navarra

Marta González Garrido, Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento

M^a Teresa Manzanares Iribas, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente

Encarna Pérez Aguilera, Consejería de Fomento, Junta de Castilla y León

Carmen Ursúa Sesma, Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda, Gobierno de Navarra

Asistencia técnica para la redacción del documento:

Carme Rosell, Ferran Navàs. MINUARTIA, Estudis Ambientals.

Ilustraciones: Pep Gaspar, ARTENTRAÇ.

Fotografías cedidas por los archivos del proyecto Acción COST 341 y de la consultora Minuartia. Los nombres de los autores se indican al pie de cada imagen.

Agradecimientos: Numerosas personas han participado en la revisión de los sucesivos borradores y han enriquecido el documento con sus aportaciones. Destacamos especialmente la tarea de Patricio Bariego (Consejería de Medio Ambiente, Junta de Castilla y León, junto con José Ignacio Nicolás Dueñas, Miguel Ángel Rubio García, María Teresa del Pozo Ramos y David Sánchez Aragonés, todos ellos de esta misma administración), Roser Campeny (Minuartia), Sílvia Comte, José Luis García Martín (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Comunidad de Madrid), Antonio López Blanco (Consellería de Política Territorial, Obras Públicas e Vivenda, Xunta de Galicia), M^a Mercè Martínez (Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya), Juan Miral (Consejería de Fomento, Junta de Castilla y León), Carmen Olmos (Conselleria de Territorio y Vivienda, Generalitat Valenciana) y Daniel Ruiz Larsson (Departamento de Obras Públicas y Transportes Diputación Foral de Bizkaia).

Cita recomendada:

Ministerio de Medio Ambiente. 2006.

Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 1. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. 108 pp. Madrid.

Edita: Organismo Autónomo Parques Nacionales

NIPO: 311-06-088-7

ISBN-13: 978-84-8014-684-2

Depósito Legal: M. 6.017-2007

Imprime: Artes Gráficas Suárez Barcala, S.L.

1 Presentación

2 Aspectos generales y marco de referencia

3 Catálogo de medidas y prescripciones técnicas para su aplicación

4 Otras fuentes de información

5 Anexos

Índice

1	Presentación	7
1.1	Antecedentes	9
1.2	Justificación	9
1.3	Ámbito de aplicación	9
1.4	Objetivos	10
1.5	Destinatarios	10
2	Aspectos generales y marco de referencia	11
2.1	Información previa	13
2.2	Efectos de las infraestructuras viarias sobre la fauna y sus hábitats	13
2.3	La reducción de impactos en las distintas fases de la vida de una infraestructura	15
3	Catálogo de medidas y prescripciones técnicas para su aplicación	19
3.1	Funciones básicas de las medidas incluidas en el documento	21
3.2	Grupos de fauna de especial atención para el diseño de medidas	21
3.3	Selección de la ubicación de los pasos de fauna	23
3.4	Densidad de pasos de fauna	23
3.5	Elección del tipo de estructura	24
3.6	Dimensiones de los pasos	28
3.7	Fichas descriptivas de medidas	31
4	Otras fuentes de información	97
5	Anexos	101
	Anexo I. Directrices sobre los estudios a llevar a cabo en la fase de Evaluación de Impacto Ambiental para la reducción de impactos sobre la fauna y sus hábitats.	103
	Anexo II. Síntesis de los requerimientos de las distintas especies y grupos taxonómicos de referencia aplicables a la selección del tipo de paso de fauna.	105

1

Presentación

1

Presentación

2

Aspectos generales
y marco de
referencia

3

Catálogo de medidas
y prescripciones
técnicas para su
aplicación

4

Otras fuentes
de información

5

Anexos

1.1 Antecedentes

En las últimas décadas se han realizado notorios progresos en el campo del estudio y prevención de los impactos que las vías de transporte generan sobre la naturaleza. La barrera que estos ejes lineales constituyen para los desplazamientos de fauna silvestre y, en general, el fenómeno conocido como **fragmentación de hábitats**, se ha revelado como uno de los factores que suponen mayor amenaza para la conservación de la diversidad biológica en Europa.

Pero el efecto barrera de las vías no sólo incide en los sistemas naturales. También está afectando gravemente a la **seguridad vial**, a causa de los accidentes producidos por colisión con grandes mamíferos como el ciervo, el corzo, o el jabalí. Este impacto se produce debido a la superposición de las redes viarias, que canalizan el flujo de vehículos, y las redes de conectores ecológicos, que concentran la mayor parte de desplazamientos de fauna silvestre.

El desarrollo de una **red de transporte más segura** y con el **mínimo impacto sobre la fauna**, está siendo objeto de seguimientos e investigaciones, que han permitido mejorar el conocimiento tanto de los mecanismos por los cuales operan los impactos, como de las medidas que pueden aplicarse para minimizarlos. En el marco de la ejecución de la Acción COST 341 (1999-2003), un proyecto de cooperación científica y tecnológica impulsado por la Comisión Europea, se recopiló una extensa información sobre estos aspectos reunida en el documento *Fauna y Tráfico. Manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones* (Luell et al. 2005), que aporta directrices consensuadas por expertos de distintos países y fundamentadas en resultados de proyectos experimentales. La participación española en el proyecto COST 341 se realizó a través del **Grupo de Trabajo sobre Fragmentación de Hábitats causada por Infraestructuras de Transporte**, coordinado por la Dirección General para la Biodiversidad, del Ministerio de Medio Ambiente. En la 7ª reunión de este Grupo, que integra representantes de las administraciones de Transporte y de Medio Ambiente de todas las Comunidades Autónomas, y del Estado, se acordó la redacción de un documento que concretara, a partir de las directrices del manual europeo, las prescripciones técnicas a aplicar en el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales, indicando mínimos de obligado cumplimiento en el Estado español, así como recomendaciones para mejorar su efectividad.

Este documento, que da cumplimiento a esta decisión, se aporta como una referencia básica para ser adoptado por las distintas administraciones autonómicas y del Estado, y con la voluntad de que constituya una propuesta de norma a homologar, una vez validado y mejorado a partir del propio uso.

1.2 Justificación

Existen diversas normas técnicas que regulan distintos aspectos concretos del diseño y construcción de carreteras y ferrocarriles, tales como el trazado, el drenaje, la señalización, las plantaciones, etc., pero no se dispone de ninguna normativa técnica específica relativa al diseño y construcción de pasos de fauna y vallados perimetrales.

A partir de la implantación del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), los estudios y proyectos de trazado y construcción de nuevas infraestructuras lineales, o de mejora de las existentes, están incorporando medidas para facilitar los desplazamientos de fauna a través de las vías, reduciendo los riesgos para la seguridad vial. No obstante, para el diseño de estas medidas se aplican gran diversidad de criterios, y no siempre con buenas bases ecológicas.

La redacción de este documento se justifica por la necesidad de establecer prescripciones técnicas detalladas, a partir de las directrices aportadas por el manual europeo, que permitan mejorar el diseño de los pasos de fauna y vallados perimetrales, y aumentar su efectividad.

1.3 Ámbito de aplicación

Este documento es válido para su aplicación en la redacción de los estudios y proyectos de nuevas infraestructuras lineales de transporte (carreteras y ferrocarriles), y de mejora de las existentes. En particular, se ha redactado para ser aplicado en los Estudios Informativos y sus correspondientes Estudios de Impacto Ambiental, así como en los proyectos de medidas correctoras que se incorporan en los proyectos de trazado y constructivos.

No son objeto de este documento ni las medidas a aplicar en las fases previas de planificación, en el marco de la Evaluación Ambiental Estratégica, entre las que se incluye la elección del corredor por el que discurrirá el trazado, ni las medidas compensatorias del impacto. Tampoco se presentan de manera exhaustiva

los aspectos relacionados con la construcción de la vía, que se desarrollan en el marco del Plan de Vigilancia Ambiental, ni las tareas de seguimiento de la efectividad de las medidas. Sobre este último aspecto se puede consultar información en el manual europeo Fauna y Tráfico (luell et al 2005).

1.4 Objetivos

La finalidad de este documento es la aportación de las prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales, que faciliten el desplazamiento de la fauna silvestre a través de la red de infraestructuras de transporte, con el mínimo riesgo para la seguridad vial.

El documento también tiene como objetivo establecer, además de las prescripciones de obligado cumplimiento, las recomendaciones para aumentar la efectividad de

las medidas, así como ofrecer alternativas de diseño o de acondicionamientos de las mismas, que permitan una óptima adecuación en base a los distintos contextos paisajísticos, y a la sensibilidad de las especies afectadas. A partir de estas prescripciones técnicas, la decisión sobre la ubicación de pasos, su densidad o sus dimensiones, deberá adaptarse a cada situación, contando con el trabajo conjunto de expertos en ecología y proyectistas.

1.5 Destinatarios

Este documento va dirigido a los profesionales que participan en las fases de planificación, proyecto, construcción, conservación y explotación de las vías de transporte, así como a los técnicos implicados en los procesos de EIA y en el seguimiento de la ejecución de las obras lineales.



2

Aspectos generales y marco de referencia

1

Presentación

2

Aspectos generales
y marco de
referencia

3

Catálogo de medidas
y prescripciones
técnicas para su
aplicación

4

Otras fuentes
de información

5

Anexos

2.1 Información previa

La información que se facilita en este documento parte, básicamente, del documento *Fauna y Tráfico. Manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones* (luell et al. 2005), elaborado en el marco del proyecto europeo COST 341 sobre Fragmentación del hábitat causada por infraestructuras de transporte. Las prescripciones técnicas incluidas en el capítulo 7 de ese manual (Pasos de fauna y otras soluciones técnicas), constituyen la fuente básica de información a partir de la cual se ha redactado este documento. Las medidas que se describen han sido diseñadas a partir de los resultados de seguimientos y evaluación de su efectividad que se han llevado a cabo en distintos países europeos, y han sido consensuadas por un equipo de profesionales integrado por expertos en obra pública y en ecología y gestión de fauna, pertenecientes a distintas organizaciones, tanto públicas como privadas, de 16 países europeos, y a la organización *Infra Eco Network Europe*, impulsora del proyecto. La información aportada por el Estado español partió de las experiencias de los integrantes del Grupo de Trabajo sobre Fragmentación de Hábitats causada por Infraestructuras de Transporte.

Para la redacción de las presentes prescripciones técnicas también se han considerado otros documentos, entre ellos, manuales publicados en España o en otros países europeos. En el apartado 4 se incluye una relación de los manuales existentes, así como otras publicaciones que pueden aportar información complementaria sobre la materia.

2.2 Efectos de las infraestructuras viarias sobre la fauna y sus hábitats

2.2.1 Efectos ecológicos de las vías de transporte sobre la fauna

Los principales efectos que las infraestructuras de transporte ejercen sobre las poblaciones de fauna silvestre se pueden agrupar en cinco categorías, que se describen brevemente a continuación. Este documento se centra básicamente en los efectos 2 y 3, es decir, describe las medidas aplicables para la reducción del efecto barrera y de la mortalidad causada por las vías de transporte.



Efectos de las infraestructuras de transporte sobre las poblaciones de fauna silvestre.

1. Pérdida de hábitat

Consiste en la pérdida directa de superficies de los hábitats afectados por la construcción de la vía de transporte y sus márgenes. Sólo una adecuada elección del trazado puede reducir este impacto, evitando la alteración de las zonas que alberguen una mayor diversidad biológica o que contengan hábitats clave para la supervivencia de las especies más sensibles o amenazadas.

2. Efecto barrera

Aunque es menos visible que otros efectos de las vías de transporte, como el atropello de animales, el efecto barrera se considera el impacto ecológico más negativo de las infraestructuras de transporte. Este efecto se basa en la dificultad que tienen los animales para cruzar la superficie de la vía, ya sea debido a la existencia de obstáculos que impiden físicamente el cruce (por ejemplo vallados perimetrales o un intenso tráfico), o bien a consecuencia del rechazo que genera en muchos animales el cruce de una superficie asfaltada, sin refugios y altamente perturbada por el paso de vehículos, ruido, contaminación, etc. La dificultad para superar estas barreras y desplazarse entre los distintos fragmentos de hábitat, puede conllevar la extinción de determinadas poblaciones de fauna silvestre.

3. Mortalidad por atropello, colisión con vehículos u otras causas

Uno de los efectos más notorios que generan las vías de transporte es la muerte de los animales que intentan cruzar la vía y perecen debido a la colisión con los vehículos o a que son atropellados por estos. Las colisiones afectan a un amplio número de especies, desde aves y murciélagos, hasta grandes mamíferos, y los atropellos generan notables efectos en las poblaciones de anfibios (ranas, sapos, salamandras, etc.) o reptiles que intentan cruzar las calzadas. Otras causas de mortalidad asociadas a las infraestructuras de transporte son las trampas que comportan elementos como arquetas o pozos, en los que quedan atrapados muchos animales, o cunetas de paredes verticales, que constituyen barreras para animales de reducido tamaño, que les impiden acceder a los hábitats adyacentes una vez han conseguido cruzar las calzadas. En su conjunto, por tanto, las vías de transporte y sus márgenes constituyen zonas con un alto riesgo de mortalidad para todos los individuos que los utilizan.

4. Perturbaciones

Los ambientes asociados a las vías de transporte son zonas fuertemente alteradas. En sectores adyacentes a la infraestructura, los suelos muestran la presencia de altos niveles de contaminantes generados por el tráfico o por la sal que se utiliza durante el invierno en las zonas con fuertes nevadas. Los niveles sonoros también pueden ser muy elevados y, en algunos casos, interfieren en la comunicación entre las aves y dificultan

su nidificación. La iluminación con la que cuentan algunos tramos, o la de los faros de los vehículos, son otra fuente de perturbación. Todo ello conlleva que la vía genere en su entorno inmediato, una serie de molestias que reducen la calidad de estos hábitats y su capacidad para acoger fauna silvestre.

5. Funciones ecológicas de los márgenes

En este caso cabe distinguir entre dos aspectos: la infraestructura como hábitat (aunque de baja calidad y alto riesgo de mortalidad) y la vía como corredor de dispersión de especies.

Los taludes y medianas de las vías de transporte, e incluso las estructuras transversales como drenajes o túneles, constituyen un elemento atractivo para muchos animales. En sus márgenes, especialmente si están revegetados, se puede encontrar una gran variedad de especies, aunque la mayoría son especies comunes, oportunistas y con gran capacidad de colonización. Algunas especies de topillos instalan sus colonias en los céspedes de las medianas, atrayendo así a depredadores como las lechuzas o zorros. En otras zonas también se está observando una gran proliferación de conejos en estos ambientes, que atrae a potenciales predadores como el lobo u otras especies. Por otra parte, los murciélagos también resultan atraídos por las concentraciones de insectos alrededor de las lámparas en tramos iluminados, o ubican sus refugios diurnos entre las piezas de prefabricados de las estructuras transversales y algunos ofidios, especialmente al atardecer, son atraídos por el calor acumulado en el asfalto. Los ejemplos de animales que se sienten atraídos por elementos de las inmediaciones de las vías son muy numerosos, pero esto no tiene consecuencias positivas, ya que con frecuencia se trata de auténticas trampas, que los atraen hacia lugares con alto riesgo de mortalidad.

Otro efecto asociado a los márgenes de carreteras y ferrocarriles es la dispersión de especies y, aunque en ambientes muy transformados por la actividad humana los márgenes adecuadamente restaurados pueden actuar como corredores biológicos, también constituyen vectores de dispersión de especies invasoras.

2.2.2 Fragmentación de hábitats

La conservación de la diversidad de especies de fauna y flora requiere, como premisa básica, la conservación de sus hábitats. Para que un territorio albergue una elevada diversidad biológica, es necesario que mantenga la conexión entre los hábitats que requieren las distintas especies a ellos asociados, sea de manera permanente, o al menos en algunas de las fases de sus ciclos vitales. Esto es lo que se denomina **conectividad ecológica**. El mantenimiento de estas conexiones permitirá que los individuos de las distintas especies se puedan desplazar a través del territorio para buscar los lugares donde puedan encontrar refugio, alimento u otros congéneres durante las épocas de



apareamiento. Además, permitirán garantizar la dispersión de individuos jóvenes para establecerse en zonas distintas a las que han pasado sus primeras etapas de vida, o la dispersión de adultos para localizar territorios que ofrezcan mejores recursos tróficos o menor competencia por estos recursos.

Los ambientes inhóspitos para la fauna (superficies asfaltadas, zonas urbanizadas o superficies con hábitats distintos a los requeridos por una determinada especie) constituyen barreras que dificultan sus movimientos y pueden llegar a impedir totalmente sus posibilidades de desplazamiento entre distintas porciones de hábitat. Los paisajes de la mayor parte de la Europa occidental están compuestos actualmente por manchas de hábitat adecuadas para la fauna, interceptadas por barreras y ambientes inhóspitos para los animales. Este fenómeno, que se conoce con el nombre de **fragmentación de hábitats**, constituye una de las principales amenazas para la conservación de la diversidad biológica, ya que si no se mantienen las posibilidades de dispersión de los animales entre los distintos fragmentos de hábitat, se puede producir la pérdida de una determinada población, es decir, que una determinada especie desaparezca de alguna de las zonas que anteriormente ocupaba. Algunas especies amenazadas, como el lince ibérico, son particularmente sensibles a los efectos de fragmentación de sus hábitats y, si el fenómeno se intensifica, existe el riesgo de que se alcance la extinción completa de esta especie, o que se empeore el grado de amenaza de otras muchas especies de interés.

Las infraestructuras viarias son un tipo de barrera particular, ya que son elementos lineales con una extensa longitud, pero con anchuras relativamente reducidas. Por ello, a diferencia de otras barreras como los núcleos urbanizados, se puede conseguir con relativa facilidad que las vías de transporte sean permeables al paso de determinadas especies de fauna, construyendo estructuras adecuadas por las que los animales puedan cruzar las vías de manera segura. Ello no es óbice para no perder de vista otros impactos de estas infraestructuras sobre el entorno natural, a los que se hace

referencia en este capítulo, aunque no son objeto de este documento. La aplicación de estas medidas, además de reducir el efecto barrera de las infraestructuras viarias y facilitar las conexiones ecológicas, reducirá el riesgo para la seguridad viaria que comporta la irrupción de animales de grandes dimensiones en las calzadas de las carreteras o en las vías de ferrocarril.

2.3 La reducción de impactos en las distintas fases de la vida de una infraestructura

2.3.1 Conceptos básicos sobre la prevención, corrección y compensación de impactos

Aunque las medidas que se presentan en este documento van destinadas básicamente a la corrección de impactos y a su aplicación en la redacción de estudios informativos, proyectos de trazado y proyectos constructivos, en este apartado se aporta una visión global del contexto en el que se aplican los distintos tipos de medidas para minimizar los impactos ambientales de la infraestructura y que pueden clasificarse, según su función básica, como preventivas, correctoras o compensatorias.

Medidas preventivas

Aunque este tipo de medidas pueden ser aplicadas en todas las fases de la vida de la infraestructura, la prevención de los impactos más notables reside, principalmente, en la elección de la alternativa de corredor de trazado, o bien, en la selección de otra alternativa de modo de transporte que permita evitar la construcción de un nuevo eje viario. Esta tarea se lleva a cabo durante la etapa de planificación de la vía, en el marco de la ordenación territorial, y de la planificación sectorial (planes de infraestructuras de transporte) y en su Evaluación Ambiental Estratégica. Otra etapa clave para la prevención de impactos es el diseño del trazado, en las fases de redacción del Estudio Informativo o del Proyec-



Algunos ejemplos de conectores (un curso fluvial y márgenes de cultivos con vegetación arbustiva) que canalizan movimientos de fauna silvestre a través de la matriz territorial. Fotos: C. Rosell, I. de Dalmases.

to de Trazado de la vía y su Evaluación de Impacto Ambiental. El principal objetivo a alcanzar en estas fases previas al proyecto constructivo, es la prevención de los impactos más significativos que puedan afectar o alterar significativamente hábitats especialmente sensibles, paisajes valiosos por su naturalidad, singularidad, o rareza, o bien, que puedan suponer una amenaza para la conservación de poblaciones locales de una determinada especie. También es fundamental prevenir la afección a espacios con alto interés para la conectividad ecológica que, aunque no presenten hábitats particularmente relevantes, puedan ser estratégicos para facilitar los movimientos de fauna entre distintas manchas de hábitat que, sin la presencia de estos corredores de dispersión, quedarían aisladas.

Medidas correctoras

Tienen por objetivo reducir al mínimo los impactos que no se han podido evitar totalmente. En este ámbito se incluyen la mayor parte de las medidas que se describen en este documento para reducir los conflictos de seguridad vial que causan las colisiones con grandes mamíferos y minimizar el efecto barrera y la mortalidad de fauna causada por la infraestructura y su uso. El ámbito en el que se definen la mayor parte de las medidas correctoras son el Estudio Informativo y el Proyecto de Trazado y, concretamente, en su procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental que se establece en el RD 1131/1988, por el que se aprueba el reglamento de ejecución del RD 1302/1986, modificado por la Ley 6/2001. Las Declaraciones de Impacto Ambiental, que emiten las administraciones competentes en la materia, en base al diagnóstico y evaluación de impactos de los Estudios de Impacto Ambiental, son las herramientas clave para garantizar que los proyectos constructivos incorporan el conjunto de medidas establecidas para minimizar los impactos. Por ello, es fundamental que las Declaraciones de Impacto aporten la mayor concreción posible con respecto a la tipología y ubicación de los pasos de fauna que se requieran para permeabilizar la vía, así como de los vallados perimetrales necesarios para guiar a la fauna hacia estas estructuras.

Medidas compensatorias

La aplicación de estas medidas, destinadas a compensar los impactos que no se han podido prevenir adecuadamente, se ha intensificado particularmente en los últimos años en aplicación del artículo 6 de la Directiva 92/43/CEE que establece la obligatoriedad de ejecutar medidas compensatorias de los impactos cuando se trate de un proyecto que afecte a espacios incluidos en la Red Natura 2000. Esta posibilidad solo se considera admisible cuando el proyecto tenga un interés público de primer orden, no haya otras alternativas que permitan alcanzar los objetivos del plan o proyecto sin afectar elementos de la Red, y se pueda garantizar que, con la aplicación de medidas compensatorias, se garantice la coherencia global de la Red Natura 2000.

El objetivo de la aplicación de este tipo de medidas será el de conseguir que la pérdida y alteración de hábitats se compensen totalmente, reemplazando las superficies de hábitats eliminados o alterados, por una superficie equivalente de hábitats de calidad y que desarrollen funciones similares. En la práctica, este objetivo es muy difícil de alcanzar y, más aún, cuando se trata de que los hábitats alternativos desarrollen funciones clave como la capacidad de facilitar los movimientos de fauna a través de ellos. Por ello, la aplicación de este tipo de medidas, con resultados poco garantizados, debe ser excepcional y restringirse al máximo, primando, como establece la mencionada Directiva, la prevención de la afección de los lugares incluidos en la Red Natura 2000.

2.3.2 Actuaciones a llevar a cabo en las distintas etapas de la vida de una infraestructura

El diseño y ejecución de pasos de fauna y vallados perimetrales se inscriben en un marco más general de actuaciones de minimización de los impactos de las vías de transporte sobre la naturaleza, que se llevan a cabo en todas las etapas de la vida de una infraestructura, desde las iniciales, de planificación, hasta en su fase de explotación (véase figura).

El diseño de la permeabilización de la vía al paso de fauna se inscribe básicamente en el contexto de la Evaluación de Impacto Ambiental, que se realiza habitualmente a partir del Estudio Informativo o del Proyecto de Trazado, y se completa durante la ejecución del Proyecto Constructivo, con el diseño detallado de las medidas. Las fichas descriptivas de las prescripciones técnicas para la ejecución de pasos de fauna y cerramientos, serán de utilidad especialmente para estas fases.

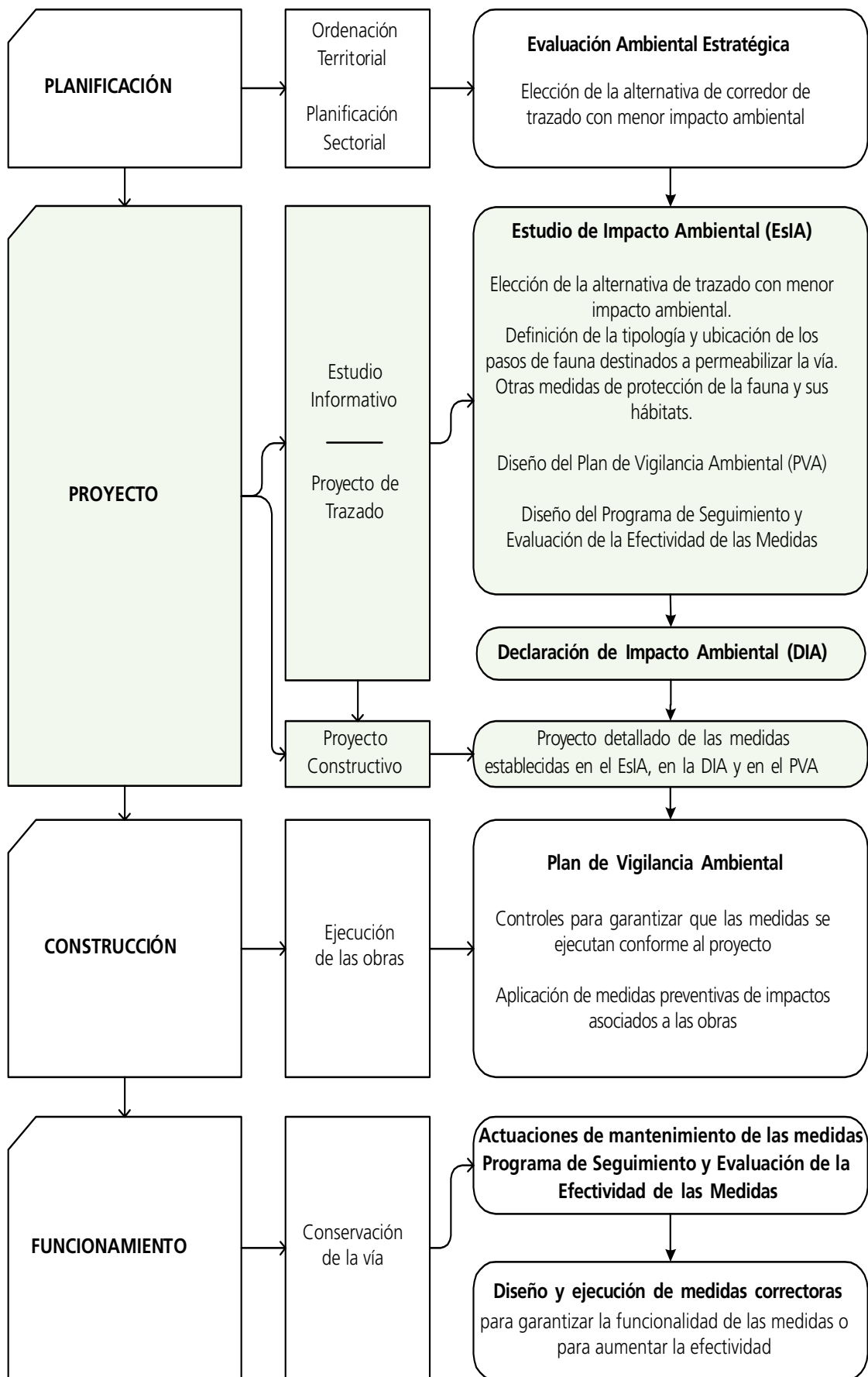
2.3.3 Actuaciones de mantenimiento, control y evaluación de la efectividad de las medidas

Para que el conjunto de medidas diseñadas para mitigar los impactos alcancen sus objetivos, es indispensable, además de la aplicación de un buen mantenimiento de las mismas, la realización de controles para supervisar su correcta ejecución y, ya en la fase de explotación de la vía, evaluar su efectividad.

Control y vigilancia ambiental en la fase de construcción

Los controles en fase de construcción se realizan en el marco de la ejecución de los Planes de Vigilancia Ambiental (PVA) y son determinantes para garantizar que las medidas se instalan o construyen adecuadamente. Además, la aplicación del PVA permite aplicar medidas preventivas de los impactos que se producen en esta fase (movimientos de tierras, ruido, voladuras, etc.).





Actuaciones para minimizar los impactos ambientales y, en particular, sobre la fauna y sus hábitats, a lo largo de las fases de la vida de una infraestructura viaria. La fase de proyecto, destacada sobre fondo verde, es el ámbito en el que se inscribe la aplicación de las medidas descritas en este documento.

Mantenimiento y conservación de las medidas

Son indispensables para garantizar que las medidas aplicadas son efectivas, y deben aplicarse, básicamente, en la fase de explotación de la vía. Tanto los pasos de fauna como los vallados perimetrales, requieren actuaciones de mantenimiento que incluyen aspectos como la conservación de las revegetaciones realizadas en los accesos, o en la propia superficie del paso, el arreglo de desperfectos en las mallas de los cerramientos, etc. Es imprescindible que la programación de las tareas de mantenimiento y de los controles para detectar la aparición de desperfectos se incorpore al plan de mantenimiento global de la infraestructura para garantizar la funcionalidad de las medidas a largo plazo.

Seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas

El seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas es otro aspecto clave, que permitirá establecer si las medidas se han instalado o construido correctamente, y diseñar y aplicar las mejoras necesarias para optimizar su funcionamiento. Queda fuera del alcance de este documento la descripción del diseño de los Programas de Seguimiento, de los métodos de control y de las técnicas para establecer las variables y estándares para la evaluación de la efectividad. Los contenidos y métodos de aplicación de los Programas de Seguimiento y Evaluación de las Medidas pueden consultarse en el Capítulo 9 del manual europeo: Fauna y Tráfico (Iuell et al. 2005), que se ha utilizado como base de referencia para la redacción de este documento (véase apartado 2.1).

En relación con los Programas de Seguimiento se destacan los siguientes aspectos:

- La aplicación de un Programa de Seguimiento y Evaluación de la Efectividad de las Medidas, como mí-

nimo durante los tres primeros años de funcionamiento de la vía, es la única garantía que permitirá realizar la supervisión de la instalación o construcción de las medidas para verificar que se han realizado conforme al proyecto y, en caso contrario, permitirá ejecutar medidas correctoras para perfeccionarlas. Por otra parte, la aplicación de un sistema de evaluación de la efectividad de las medidas es una inversión de futuro, que permite detectar las medidas con una óptima relación coste-beneficio e incorporar el principio de mejora continuada en los diseños.

- Algunas actuaciones de seguimiento pueden vincularse a las tareas desarrolladas en los planes de conservación de las vías. Un ejemplo de actuaciones que pueden aportar información útil para detectar medidas mal ejecutadas, o poco efectivas, son la identificación de tramos de concentración de atropellos o de colisiones de fauna silvestre con vehículos, la detección de animales atrapados en arquetas o sifones, los desperfectos reiterados en un determinado sector de los cerramientos, etc. No obstante, para que estas actuaciones puedan ser llevadas a cabo, deberá dotarse de formación adecuada al personal que lleva a cabo el mantenimiento, y deberán generarse procedimientos específicos para registrar y evaluar los datos obtenidos.
- Algunos aspectos más complejos de la evaluación de efectividad de las medidas, como la valoración de la incidencia de las medidas en los hábitats adyacentes y en las poblaciones de fauna que albergan, requieren de la programación de estudios a largo plazo, llevados a cabo por expertos. En este caso, el Estudio de Impacto Ambiental, y la consecuente Declaración de Impacto Ambiental, son los que, en base al interés de conservación de los hábitats y especies que puedan sufrir los impactos, establezca la necesidad de llevar a cabo este tipo de seguimientos.

3

Catálogo de medidas y prescripciones técnicas para su aplicación

1

Presentación

2

Aspectos generales
y marco de
referencia

3

Catálogo de medidas
y prescripciones
técnicas para su
aplicación

4

Otras fuentes
de información

5

Anexos

3.1 Funciones básicas de las medidas incluidas en el documento

Las medidas en las que se centra este documento tienen básicamente dos objetivos (véase figura):

a) Facilitar conexiones entre los hábitats fragmentados por la infraestructura que permitan el paso de fauna silvestre

Para alcanzar este objetivo se propone la construcción de estructuras transversales a la vía que pueden destinarse exclusivamente a la fauna, o bien compartir el paso de fauna silvestre con otros usos, como el de drenaje o la restitución de caminos o vías pecuarias. En este documento se describen un total de 11 tipos de pasos (fichas 1 a 11), cuatro de ellos superiores a la vía y siete inferiores. Por otra parte, seis son estructuras destinadas exclusivamente al paso de fauna, mientras que el resto son multifuncionales y se indica cómo adaptarlas para que puedan ser utilizadas como pasos de fauna silvestre. También se incluye una ficha descriptiva de los acondicionamientos de los accesos a los pasos (ficha 12).

b) Aumentar la seguridad vial y reducir la mortalidad causada por el tráfico o por otros elementos relacionados con la infraestructura

Las principales causas de mortalidad de fauna asociadas a infraestructuras viarias son las colisiones con vehículos y los atropellos. Las medidas destinadas a reducir estos impactos e incrementar la seguridad viaria, se basan en la instalación de cerramientos perimetrales que conduzcan a los animales hacia puntos de cruce seguros (fichas 13 y 14). Se describen también sistemas de escape para animales que hayan podido quedar atrapados en tramos vallados (ficha 15) y otros métodos para evitar las colisiones de grandes mamíferos con los vehículos (fichas 16 a 18). Finalmente, se proponen medidas concretas para reducir la mortalidad causada por elementos asociados a la infraestructura, como pantallas acústicas transparentes contra las que colisionan las aves, o las arquetas y pozos donde los animales pueden quedar atrapados (fichas 19 y 20).

En la práctica, ambos tipos de medidas deben combinarse para alcanzar de manera óptima sus funciones y **conseguir soluciones integradas que garanticen**

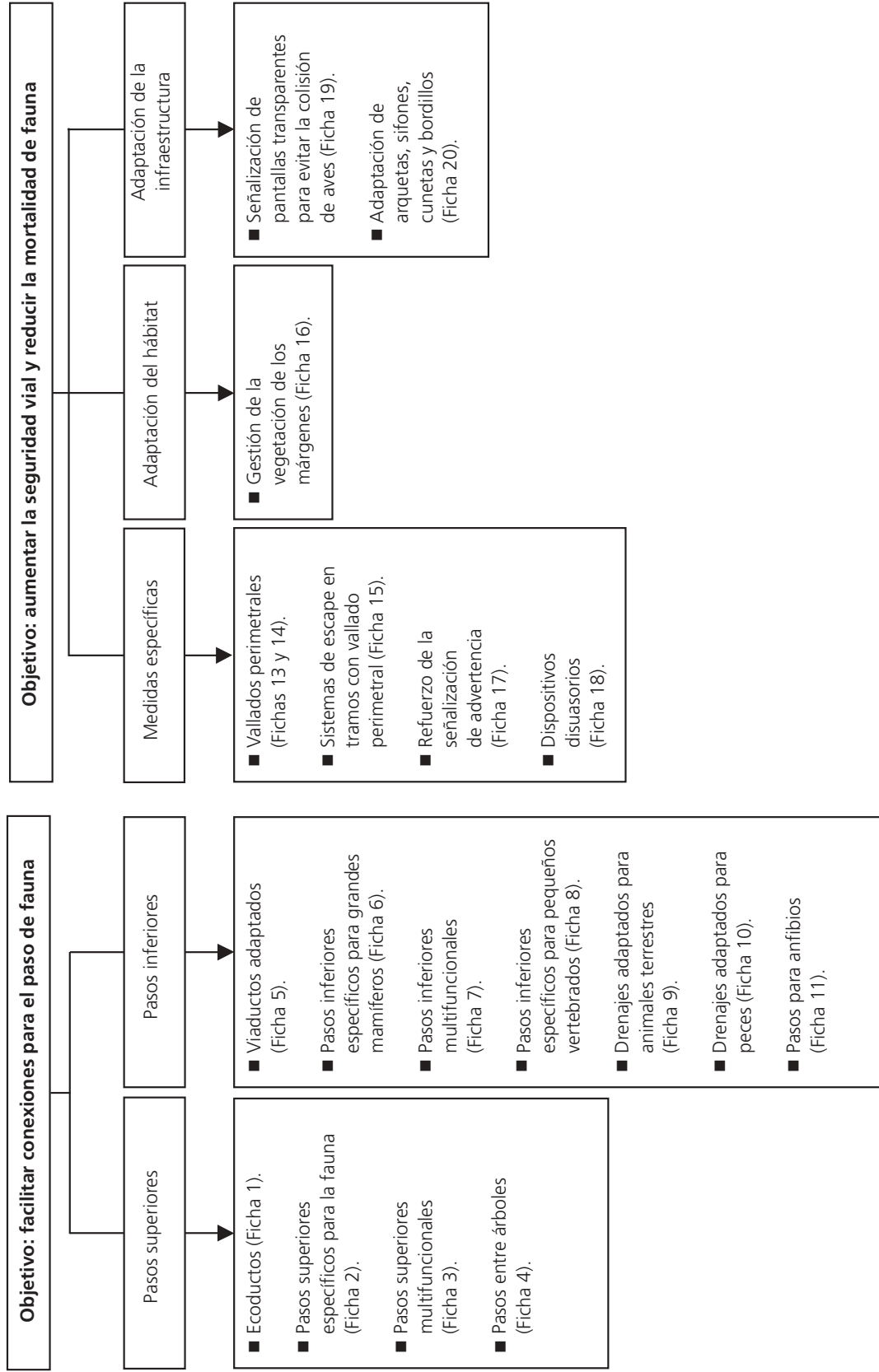
globalmente la permeabilidad de la vía al paso de fauna y la reducción de riesgos para la seguridad vial.

3.2 Grupos de fauna de especial atención para el diseño de medidas

En general, las **especies o grupos taxonómicos de especial atención** que deberán considerarse en el análisis de los efectos de las infraestructuras sobre la fauna son las que se indican a continuación:

- Las que puedan causar importantes **riesgos de seguridad vial**: todas las especies de ungulados y, en particular, los cérvidos y el jabalí.
- Las que requieren **grandes áreas de campeo** con hábitats continuos no interceptados por barreras: ungulados (ciervo, corzo, jabalí, etc.) y grandes y medianos carnívoros (oso, lobo, lince ibérico, nutria, etc.).
- Las que realicen **migraciones estacionales hacia los puntos de reproducción** que pueden ser interferidas por el efecto barrera de vías de transporte: el de los anfibios es uno de los grupos más afectados por esta problemática.
- Las especies que cuenten con **Planes de Recuperación aprobados**, sea a escala estatal o en alguna de las CCAA, en los que se establezca alguna prescripción de obligado cumplimiento respecto a la construcción de infraestructuras viarias que afecten a sus áreas de distribución.
- Otras especies amenazadas o de particular interés de conservación**, no incluidas en los taxones anteriormente indicados, que se hayan identificado como prioritarios en la Directiva 92/43/CEE, o como *Vulnerables*, *Sensibles a la alteración de sus hábitats* o *En peligro de extinción* en el CNEA, o en categorías equivalentes en otros referentes normativos, especialmente los autonómicos.

En todos los casos se analizarán los hábitats y requerimientos para la dispersión de las especies o grupos afectados, con la finalidad de identificar el posible efecto barrera de la vía o los factores que puedan ser causa de mortalidad o de pérdida de calidad de sus hábitats.



Tipos de medidas a aplicar para reducir los impactos de las infraestructuras viarias sobre la fauna. Adaptado a partir de Iuell et al. (2005)

3.3 Selección de la ubicación de los pasos de fauna

- La identificación de los puntos de la infraestructura que requieren la construcción de pasos de fauna se realizará en función del análisis de tres factores que, fundamentalmente, tratan de delimitar los tramos en los que los desplazamientos de fauna se solapan con los ejes viarios. Los factores a evaluar se indican a continuación.
 - Factor 1. Identificación de los hábitats de interés para los grupos de fauna de atención especial (ver apartado 3.2). Aspectos a analizar:
 - a. distribución de las especies.
 - b. distribución de sus hábitats en el paisaje y grado de fragmentación.
 - Factor 2. Identificación de sectores del territorio de interés para la conectividad ecológica, y, en concreto, para los desplazamientos de fauna. Aspectos a analizar:
 - a. presencia de usos del suelo compatibles con los desplazamientos de fauna.
 - b. presencia de formas del relieve que canalizan desplazamientos de fauna, en particular, las vaguadas y las crestas.
 - c. presencia de cursos fluviales que canalizan movimientos longitudinales de muchas especies de animales, tanto acuáticos y semiacuáticos, como terrestres.
 - d. información sobre rutas de desplazamiento habitual de fauna a partir de prospecciones sobre el terreno y de aportaciones de expertos locales.
 - Factor 3. Identificación de tramos conflictivos, en los que se produzca un alto índice de mortalidad de fauna o de accidentes causados por colisión de vehículos con grandes mamíferos. Este aspecto se evaluará a partir de datos de vías en funcionamiento que discurran paralelas o próximas a vías de nueva construcción, o a partir de datos de la propia vía cuando esta sea objeto de proyectos de mejora.

El análisis del paisaje, especialmente a partir de Sistemas de Información Geográfica, permitirá evaluar conjuntamente el efecto de los factores indicados, y aportará una visión global del interés de los distintos sectores del paisaje para la conectividad ecológica y los desplazamientos de fauna. Solapando esta información con el trazado de la vía se determinarán los tramos que cruzan áreas de mayor sensibilidad y los puntos que requieren pasos de fauna o estructuras de conexión de hábitats.

- Se ubicarán pasos de fauna en todos los lugares en los que, a partir del análisis de los factores indi-

cados en el punto anterior, se determine que sean necesarios para:

- Facilitar puntos de cruce seguros que eviten el acceso de fauna silvestre que comporte riesgo para la seguridad vial a las plataformas de circulación de vehículos.
 - Evitar que queden aislados fragmentos de hábitat de las especies de referencia.
 - Facilitar a los animales el acceso a los recursos básicos (zonas de alimentación, refugio, reproducción, etc.) para el mantenimiento de una determinada población.
 - Facilitar estructuras de paso que permitan franquear la infraestructura viaria en rutas de desplazamiento habitual de fauna.
- En proyectos de mejora de infraestructuras en funcionamiento se analizará la posibilidad de construir pasos de fauna en los tramos de alta concentración de accidentes causados por colisiones con fauna silvestre, o de mortalidad de fauna por atropello. Alternativamente, se instalarán vallados perimetrales para dirigir a los animales hacia puntos de cruce ya existentes como túneles, viaductos u otras estructuras de dimensiones y características adecuadas.

3.4 Densidad de pasos de fauna

- La permeabilización de las infraestructuras viarias al paso de fauna no sólo debe garantizarse en tramos que afecten hábitats de alto interés para la conservación, sino en todo tipo de hábitats naturales, e incluso los constituidos por ambientes agrícolas o con transformaciones compatibles con la presencia de fauna silvestre. No obstante, la intensidad de las actuaciones será distinta según el interés de los hábitats afectados, estableciéndose los requerimientos mínimos de permeabilidad que se indican en la Tabla 3.1.
- Las densidades de pasos que se indican en la Tabla 3.1 son orientativas y la ubicación concreta de las estructuras se aproximará lo más posible a los puntos que coincidan con rutas de desplazamiento habitual de fauna y zonas de interés para la dispersión de fauna (ver apartado 3.3).
- Los tramos que discurran por túneles y grandes viaductos serán considerados en la evaluación de la permeabilidad global de una determinada infraestructura como sectores de conexión entre los hábitats fragmentados por el trazado, ya que no generan efecto barrera para la fauna. En el resto del trazado se aplicará el análisis de los requerimientos de permeabilidad de manera que se puedan conseguir las densidades de pasos establecidas en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Densidades mínimas de pasos de fauna para distintos grupos de referencia¹

Tipologías de hábitat interceptados	Densidades mínimas de pasos para distintos grupos de fauna	
	Pasos adecuados para Grandes Mamíferos	Pasos adecuados para Pequeños Vertebrados
Hábitats forestales y otros tipos de hábitats de interés para la conservación de la conectividad ecológica	1 paso/km	1 paso/500m
En el resto de hábitats transformados por actividades humanas (incluido zonas agrícolas)	1 paso/3 km	1 paso/km

¹ Véase más información sobre los grupos de fauna de referencia en el apartado 3.5.3.

- A efectos del análisis de permeabilidad de la vía se considerarán todos los tipos de pasos adecuados para los grupos de fauna de referencia, tanto si se trata de pasos específicos como de estructuras multifuncionales destinadas a distintos usos, que se hayan adaptado de manera satisfactoria para facilitar el paso de fauna.

3.5 Elección del tipo de estructura

La elección del tipo de estructura vendrá determinada por un análisis multicriterio que debe considerar como mínimo tres aspectos:

- El interés del tramo para la conectividad ecológica en general y, en particular, para los desplazamientos de fauna.
- La topografía de la zona en el sector en el que se ha establecido la ubicación del paso de fauna.
- Las especies o grupos taxonómicos de referencia.

En el esquema de la página 25 se indican las etapas del análisis multicriterio y la secuencia de factores a evaluar hasta identificar cual es el tipo de paso de fauna más adecuado a cada situación (véase descripción de cada tipo en el apartado 3.7).

3.5.1 Criterio 1 . Interés del tramo para la conectividad ecológica y para los desplazamientos de fauna

- Este criterio se aplicará en base al análisis del territorio y la distribución de los hábitats de mayor interés para la dispersión de las especies o grupos taxonómicos de referencia que se ha indicado en el apartado 3.3. Es importante que la evaluación se aplique a dos escalas, una de ellas regional, que permite un análisis de paisaje (escala 1:25.000 ó 1:50.000), y otra más detallada (a escala 1:5.000 o inferior).
- Estas directrices generales deberán ser concretadas y adaptadas a los contextos locales. Pueden requerirse pasos específicos para la fauna

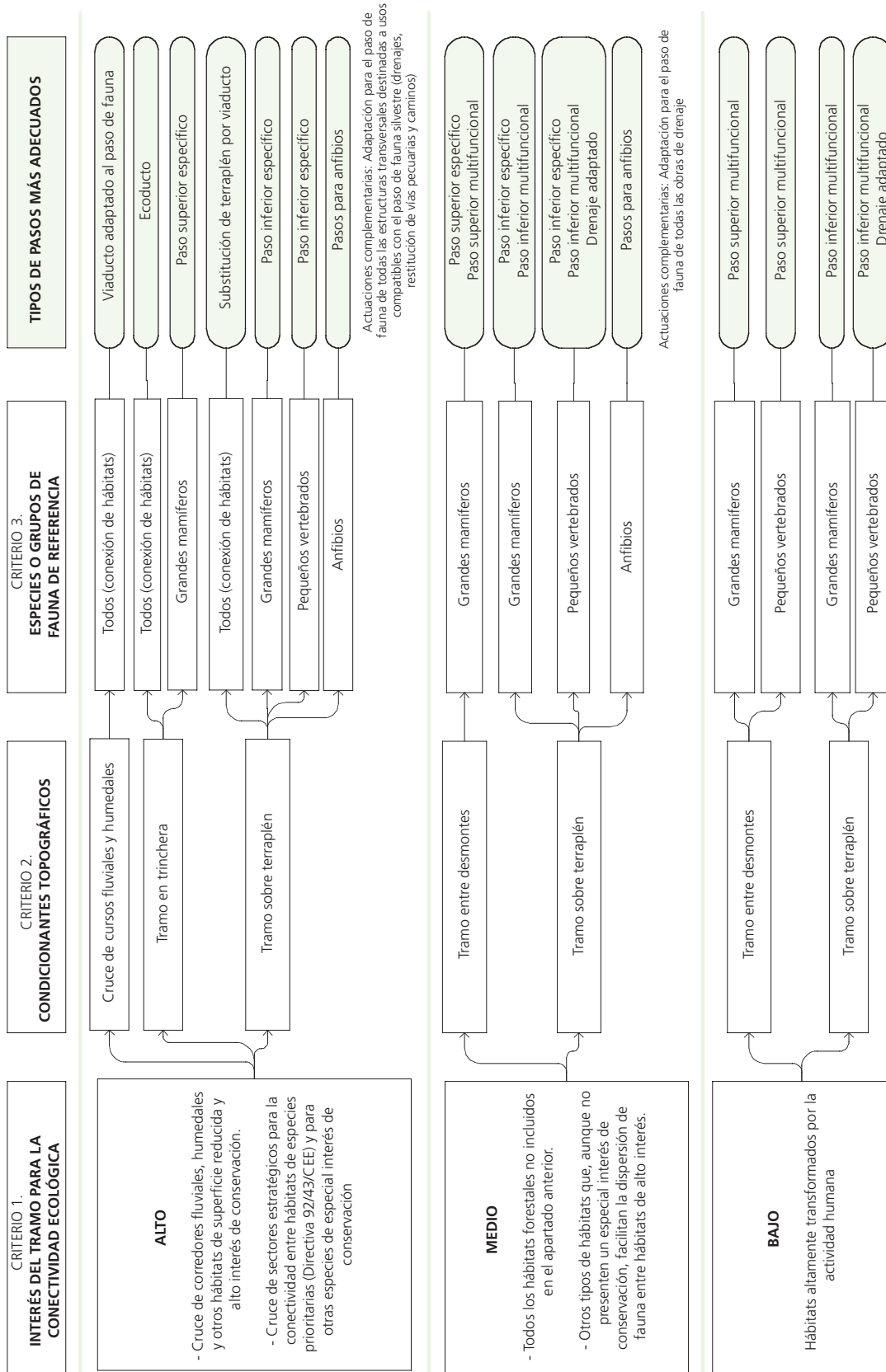
en tramos que cruzan ambientes aparentemente con poco interés para la conectividad, si existen estudios específicos que avalen adecuadamente que se trata de un sector de interés primordial para los desplazamientos de fauna silvestre.

- En los casos en los que se requiera mantener la conexión completa entre los hábitats situados a ambos lados de la vía, manteniendo la continuidad de la cubierta vegetal, sólo serán aplicables las grandes estructuras, concretamente túneles, falsos túneles, viaductos adecuadamente acondicionados, o ecoductos.

3.5.2 Criterio 2. Condicionantes topográficos

Los condicionantes topográficos en los sectores concretos en los que se requieran los pasos y, concretamente, la disposición de la vía respecto al relieve, obligará a optar por pasos inferiores o superiores a la vía. En este sentido se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Es preferible que los pasos tengan los accesos al mismo nivel que el terreno adyacente. Por ello, si la vía discurre entre desmontes se optará por pasos superiores a la vía, mientras que si discurre sobre terraplén se optará por pasos inferiores.
- En tramos llanos, se consideraran dos posibilidades:
 - Elevar la rasante de la vía para situar la plataforma sobre un viaducto o sobre un terraplén en el que se construirán pasos inferiores para la fauna.
 - Construir pasos superiores con rampas de acceso de poca pendiente. Si se trata de pasos específicos para la fauna se deberá prever la expropiación de superficies superiores a las de dominio público de las vías (8 m si se trata de autopistas, autovías y vías rápidas, y 3 m si se trata de carreteras convencionales).
- Los sectores en los que la vía discurra por media ladera y la sección sea de desmonte-terraplén,



Aplicación a los proyectos de nuevas infraestructuras viarias de la integración de los criterios para la elección de la ubicación y características de los pasos de fauna.

serán poco adecuados para ubicar pasos, aunque en casos excepcionales pueden proyectarse pasos superiores con tipología constructiva de falso túnel que se adapten a la topografía del terreno.

3.5.3 Criterio 3. Especies o grupos faunísticos de referencia

- Los pasos de fauna deben diseñarse para que puedan ser utilizados por el más amplio número posible de especies o taxones. Por ello, y para facilitar la selección del tipo de paso más adecuado a cada situación, se han identificado grupos relativamente homogéneos en cuanto a la tipología y dimensiones de los pasos que requieren para cruzar las infraestructuras viarias. En relación al tipo de paso de fauna, se establecen tres grupos de referencia de fauna terrestre:

Grandes mamíferos

Pasos especialmente adecuados para ungulados (cérvidos, bóvidos y jabalí), y grandes carnívoros (oso y lobo).

También son aptos para el resto de grupos de vertebrados, excepto la fauna piscícola.

Su uso por parte de anfibios requiere acondicionamientos especiales.

Pequeños vertebrados

Pasos adecuados para carnívoros de talla media (mustélidos, zorro, etc.) y también para el resto de grupos de mamíferos, excepto los ungulados y los grandes carnívoros.

También pueden ser utilizados por reptiles.

Su uso por parte de anfibios requiere acondicionamientos especiales.

Para algunas especies de alto interés de conservación, como el lince ibérico, y con la finalidad de optimizar la efectividad del paso, se recomienda aplicar estructuras de dimensiones superiores a las del resto de especies de este grupo de referencia.

Anfibios

Pasos destinados exclusivamente a este grupo, que cuentan con estructuras de guía (cerramientos de valla opaca) (ver Ficha 11).

También pueden ser utilizados por micromamíferos (insectívoros y roedores), algunos mustélidos y gineta.

Además, en este documento también se aportan algunas indicaciones para facilitar el paso de otro grupo de referencia:

Peces

Sólo son aplicables las estructuras que permiten mantener el cauce fluvial intacto, básicamente viaductos adaptados (ver Ficha 5), y, en algunos casos, drenajes adecuadamente acondicionados (ver Ficha 10).

Un elemento indispensable para que los pasos sean efectivos, son los cerramientos perimetrales que conducen a los animales hacia sus accesos. Sus características también varían según la especie o grupo de referencia al que van destinados (ver Fichas 13 y 14).

- Los seguimientos de pasos de fauna en funcionamiento han permitido identificar los requerimientos de las distintas especies que los utilizan (véase información detallada en el Anexo II). En función de estos condicionantes, en la Tabla 3.2 se aporta una visión de síntesis indicando la idoneidad de los distintos tipos de pasos de fauna descritos en el documento para cada especie o grupo taxonómico.



Tabla 3.2. Idoneidad de los tipos de pasos de fauna descritos en las fichas descriptivas de medidas (apartado 3.7) para distintas especies o taxones. Adaptado a partir de Iuell et al. (2005).

	Ecoductos (Ficha 1)	Pasos superiores específicos para la fauna (Ficha 2)	Pasos superiores multifuncionales (Ficha 3)	Pasos entre árboles (Ficha 4)	Via ductos adaptados (Ficha 5)	Pasos inferiores específicos para grandes mamíferos (Ficha 6)	Pasos inferiores multifuncionales (Ficha 7)	Pasos inferiores específicos para pequeños vertebrados (Ficha 8)	Drenajes adaptados para animales terrestres (Ficha 9)	Drenajes adaptados para peces (Ficha 10)	Pasos para anfibios (Ficha 11)
Ungulados											
Cévidos y bóvidos	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	—
Jaballí	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	—
Carnívoros											
Oso pardo	●	●	○	—	●	○	○	—	—	—	—
Lince	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	—
Lobo	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	—
Zorro	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	—
Tijón	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	○
Nutria	○	○	○	—	●	●	○	—	—	—	—
Marita y garduña	●	●	○	?	●	●	○	—	—	—	○
Turón y comadreja	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	○
Gineta	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	○
Lagomorfos											
Liebres	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	—
Conejo	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	—
Insectívoros											
Erizos	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	—
Musarañas	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	○
Rodedores											
Ardilla	●	●	○	●	●	●	○	—	—	—	—
Lirones	●	○	○	?	●	—	—	—	—	—	—
Ratonés y topillos	●	●	○	—	●	●	○	—	—	—	○
Reptiles											
Serpientes	●	●	○	—	●	○	○	—	?	—	—
Lagartos	●	●	○	—	●	○	○	—	—	—	—
Tortugas	●	●	○	—	●	○	○	—	—	—	—
Anfibios	○	○	○	—	●	○	○	—	—	—	●
Peces	—	—	—	—	●	—	—	—	—	●	—
Invertebrados terrestres											
Especies de hábitats secos	●	●	○	—	●	○	○	—	—	—	—
Especies de hábitats húmedos	○	○	○	—	●	○	○	—	—	—	○

● solución óptima

○ se puede utilizar adaptada a las condiciones locales

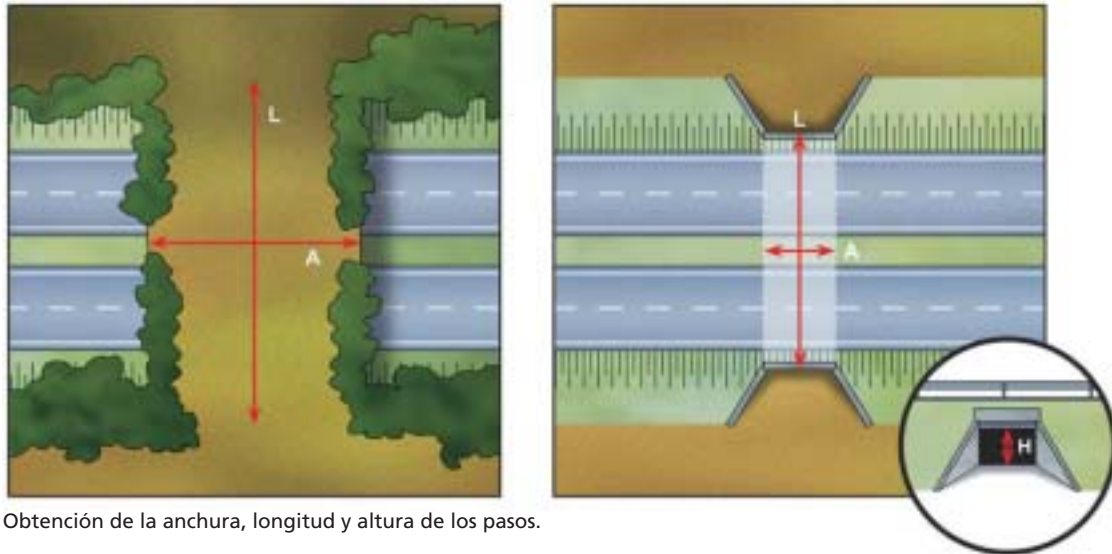
? efectividad desconocida, se necesita más información

— no aplicable

3.6 Dimensiones de los pasos*

- Las dimensiones mínimas para cada tipo de paso que se indican a continuación son de indispensable aplicación para garantizar la efectividad del paso.
- Las dimensiones recomendadas se aplicarán cuando se requiera incrementar la efectividad de un determinado tipo de paso.
- No se construirán pasos que superen los 70 m de longitud, salvo casos excepcionales en los que técnicamente no sea viable ninguna otra alternativa.

- Siempre que sea posible los pasos se construirán perpendiculares a la infraestructura, con la finalidad de reducir su longitud.
- Las dimensiones del paso que se indican en las Tablas 3.3 y 3.4 hacen referencia a la anchura y altura de la sección de la estructura (véase figura), así como a su índice de apertura. Este valor, calculado a partir de la relación entre la sección (ancho x alto) y la longitud del paso, permite considerar el requerimiento de pasos de mayor sección en vías de alta capacidad (autopistas y autovías) que en carreteras convencionales o ferrocarriles.



Obtención de la anchura, longitud y altura de los pasos.

Tabla 3.3. Dimensiones de pasos de fauna superiores a la vía.

Tipo de paso	Usos	Grupos de fauna de referencia ¹	Dimensiones del paso ²	
			Mínimas	Recomendadas
Ecoducto	Específico para la fauna	TODOS (Excepto anfibios y especies acuáticas)	- A: 80 m	---
Paso superior específico para la fauna	Específico para la fauna	GRANDES MAMÍFEROS	- A: 20 m - A / L > 0,8	- A: 40–50 m
Paso superior multifuncional	Mixto Paso de fauna + camino o vía pecuaria	GRANDES MAMÍFEROS	- A: 10 m - A / L > 0,8	- A: 20–50 m
Paso entre árboles	Específico para la fauna	Mamíferos arborícolas (ardilla)	---	---

¹ Para más información sobre los taxones que se incluyen en cada grupo de fauna de referencia, consultar apartado 3.5.3.

² A: Anchura; L: Longitud

* Las dimensiones se han establecido en base a los manuales basados en los resultados de seguimientos de efectividad de pasos realizados en el Estado español (Rosell & Velasco 1999), que se han ampliado con los resultados de seguimientos realizados en otros países de Europa y que han permitido elaborar las directrices que se incluyen en el documento COST 341. Fauna y Tráfico. Un manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones (luell et al. 2005).

Tabla 3.4. Dimensiones de pasos de fauna inferiores a la vía.

Tipo de paso	Usos	Grupos de fauna de referencia ¹	Dimensiones del paso ²				
			Mínimas (A x H)	Recomendadas (A x H)			
Viaducto	Multifuncional	TODOS	---	---			
Paso inferior específico para grandes mamíferos	Específico para la fauna	GRANDES MAMÍFEROS	- Jabalí y corzo: 7x3,5 m Índice Apertura > 0,75 - Ciervo: 12x3,5 m Índice de Apertura > 1,5	15 x 3,5 m			
Paso inferior multifuncional	Mixto Paso de fauna + camino, vía pecuaria o drenaje	GRANDES MAMÍFEROS	- Jabalí y corzo: 7x3,5 m Índice Apertura > 0,75 - Ciervo: 12 x 3,5 m Índice Apertura > 1,5	15 x 3,5 m			
Paso inferior específico para pequeños vertebrados	Específico para la fauna	PEQUEÑOS VERTEBRADOS	2 x 2 m	---			
Drenaje adaptado para animales terrestres	Mixto Paso de fauna + drenaje	PEQUEÑOS VERTEBRADOS	2 x 2 m	---			
Drenaje adaptado para peces	Mixto Paso de fauna + drenaje	PECES	---	---			
Paso para anfibios	Específico para la fauna	ANFIBIOS	Longitud (m)	<20	20-30	30-40	40-50
			Sección AxH(m)	1x0,75	1,5x1	1,75x1,25	2x1,5
			Diámetro (m)	Ø 1	Ø 1,4	Ø 1,6	Ø 2

¹ Para más información sobre los taxones que se incluyen en cada grupo de fauna de referencia, consultar apartado 3.5.3.

² A: Anchura; H: Altura; L: Longitud; Índice de Apertura: (AxH)/L

3.7 Fichas descriptivas de medidas

Ecoductos y pasos de fauna

Ficha 1: ECODUCTO

Ficha 2: PASO SUPERIOR ESPECÍFICO PARA LA FAUNA

Ficha 3: PASO SUPERIOR MULTIFUNCIONAL

Ficha 4: PASO ENTRE ÁRBOLES

Ficha 5: VIADUCTO ADAPTADO

Ficha 6: PASO INFERIOR ESPECÍFICO PARA GRANDES MAMÍFEROS

Ficha 7: PASO INFERIOR MULTIFUNCIONAL

Ficha 8: PASO INFERIOR ESPECÍFICO PARA PEQUEÑOS VERTEBRADOS

Ficha 9: DRENAJE ADAPTADO PARA ANIMALES TERRESTRES

Ficha 10: DRENAJE ADAPTADO PARA PECES

Ficha 11: PASOS PARA ANFIBIOS

Ficha 12: ACONDICIONAMIENTO DE LOS ACCESOS A LOS PASOS

Medidas destinadas a aumentar la seguridad vial y reducir la mortalidad de fauna

Ficha 13: VALLADOS PERIMETRALES PARA GRANDES MAMÍFEROS

Ficha 14: VALLADOS PERIMETRALES PARA PEQUEÑOS VERTEBRADOS

Ficha 15: SISTEMAS DE ESCAPE EN TRAMOS CON VALLADO PERIMETRAL

Ficha 16: GESTIÓN DE LA VEGETACIÓN DE LOS MÁRGENES

Ficha 17: REFUERZO DE LA SEÑALIZACIÓN DE ADVERTENCIA

Ficha 18: DISPOSITIVOS DISUASORIOS

Ficha 19: SEÑALIZACIÓN DE PANTALLAS TRANSPARENTES PARA EVITAR LA COLISIÓN DE AVES

Ficha 20: ADAPTACIÓN DE ARQUETAS, CUNETAS Y OTROS ELEMENTOS QUE PUEDEN CAUSAR MORTALIDAD DE FAUNA.

Especies de referencia

- Ungulados, grandes carnívoros.

Otros grupos que pueden utilizarlo

- El resto de mamíferos, reptiles e invertebrados.
- Poco adecuado para anfibios debido a la aridez de su superficie en muchos periodos.
- Puede orientar el vuelo de murciélagos y aves.

Uso de la estructura

- Exclusivo para la fauna.

Características y prescripciones básicas

- Los ecoductos son pasos superiores a las infraestructuras que, gracias a sus grandes dimensiones, permiten una óptima integración en el entorno, dando continuidad a la cobertura vegetal y a los hábitats situados a ambos lados de la infraestructura.
- Para garantizar la funcionalidad del ecoducto deberá ubicarse en los sectores de desplazamiento habitual de fauna y en zonas con baja perturbación derivada de la actividad humana.
- Para facilitar el paso del mayor número posible de especies de fauna se realizará una revegetación de la superficie del ecoducto de composición similar a la vegetación de los hábitats adyacentes. Para ello deberá disponerse sobre la base de la estructura una capa de tierra vegetal (a ser posible procedente de la misma zona de actuación) con un grosor adecuado para permitir una adecuada restauración de hábitats.
- Es importante reducir las molestias a los animales causadas por la visión de las luces y el ruido de los vehículos que circulen por la infraestructura. Con esta finalidad, en los márgenes laterales de la estructura se adecuarán motas de tierra y se realizarán plantaciones densas de arbustos que constituyan pantallas vegetales.
- Un correcto drenaje de la superficie del ecoducto, con ligera pendiente (2-3%) desde el eje longitudinal central hacia los márgenes, así como la aplicación de una capa de material aislante que proteja la base de la estructura, son aspectos básicos para garantizar su durabilidad.

Dimensiones

- Anchura mínima: 80 m.
- Altura mínima de la mota de tierra en los laterales de la estructura: 1 m.



Luchtfotografie Slagboom en Peeters

- Grosor mínimo de tierra vegetal para plantaciones de especies herbáceas: 0,3 m, de arbustos: 0,6 m y de árboles: 1,5 m.

Tipologías constructivas

- Falso túnel, bóveda y otras tipologías utilizadas para la construcción de puentes. El diseño en forma diábolo (Figura 1.2, C), amplía las posibilidades de que los animales localicen las entradas del paso, aunque tienen un coste de construcción superior al de las estructuras rectangulares (Figura 1.2, A).

Acondicionamientos

Revegetación de la superficie del ecoducto

- El diseño de las plantaciones en la superficie del ecoducto deberá ser heterogéneo, combinando los espacios abiertos de los sectores centrales, en los que se plantará sólo vegetación herbácea, con franjas longitudinales de árboles y arbustos, más densas en los sectores próximos a los márgenes laterales de la estructura.
- Para la revegetación se utilizarán exclusivamente especies autóctonas y características de los hábitats que se pretenden conectar, seleccionando las que muestren mayor capacidad de adaptación a las condiciones de la superficie del ecoducto, que en algunos periodos pueden ser muy áridas.
- Siempre que sea posible, se utilizarán ejemplares de árboles y arbustos existentes en la zona antes de la construcción de la estructura. Las tierras provendrán también de esta zona o de los terrenos adyacentes, para aprovechar el banco de semillas.

Pantallas y cerramiento perimetral

- Se instalará cerramiento perimetral en los márgenes externos del ecoducto, que tendrá continuidad con el cerramiento perimetral de la vía.

- El apantallamiento del paso para evitar las perturbaciones generadas por los vehículos se realizará mediante motas laterales de tierra, combinadas con plantaciones densas. Una alternativa a este sistema será la instalación de pantallas completamente opacas que sustituirán el vallado en los márgenes del ecoducto, garantizando su continuidad con el cerramiento perimetral de la vía. La altura mínima de las pantallas será de 2 m.

Acondicionamientos de los accesos

- Se realizarán plantaciones y se instalará el cerramiento perimetral de manera que guíen a la fauna hacia las entradas del paso (ver ficha 12). El tratamiento de los accesos del ecoducto debe favorecer su completa integración en el entorno y dar continuidad a las formaciones vegetales entre la superficie de la estructura y los hábitats de las zonas adyacentes. Se deberá prever, por ello, una expropiación de los terrenos necesarios que excederá la franja de dominio público de las vías.
- Los tramos más adecuados para la ubicación de ecoductos son aquellos en los que la vía discurre entre desmontes, ya que los accesos se pueden construir al mismo nivel que el terreno adyacente. En terrenos llanos los accesos deberán contar con rampas poco pronunciadas (pendiente máxima de un 15%, pudiéndose elevar hasta el 25% en los ecoductos situados en zonas montañosas).
- Deberá evitarse que carreteras transitadas discurran próximas o perpendiculares a las entradas del ecoducto, ya que dificultarían su uso por parte de la fauna.

- La disposición de grandes bloques de piedra en los accesos del paso permitirá evitar el acceso incontrolado de vehículos.

Posibles variaciones a la propuesta base

- La colocación de hileras de piedras o de tocones de árboles facilitará protección y zonas de refugio a las especies de fauna de menor tamaño (invertebrados, micromamíferos, reptiles, etc.). Estos elementos son particularmente útiles durante el período inicial en el que las revegetaciones no hayan alcanzado todavía su completo desarrollo.

Mantenimiento

- Durante los primeros años son indispensables los riegos periódicos para favorecer la implantación de la vegetación.
- En la parte central de la estructura deben programarse siegas periódicas con el objetivo de evitar un excesivo desarrollo de la cobertura vegetal. Con menor frecuencia también serán necesarios desbroces en los márgenes arbustivos.
- Deberá asegurarse la correcta instalación y mantenimiento del cerramiento perimetral, reparando periódicamente los desperfectos observados.
- Es necesario supervisar la aparición de usos inadecuados en el ecoducto (como la circulación de vehículos) y, en caso de que se produzcan, definir actuaciones correctoras adecuadas.





Figura 1.1 – Esquema general de un ecoducto.

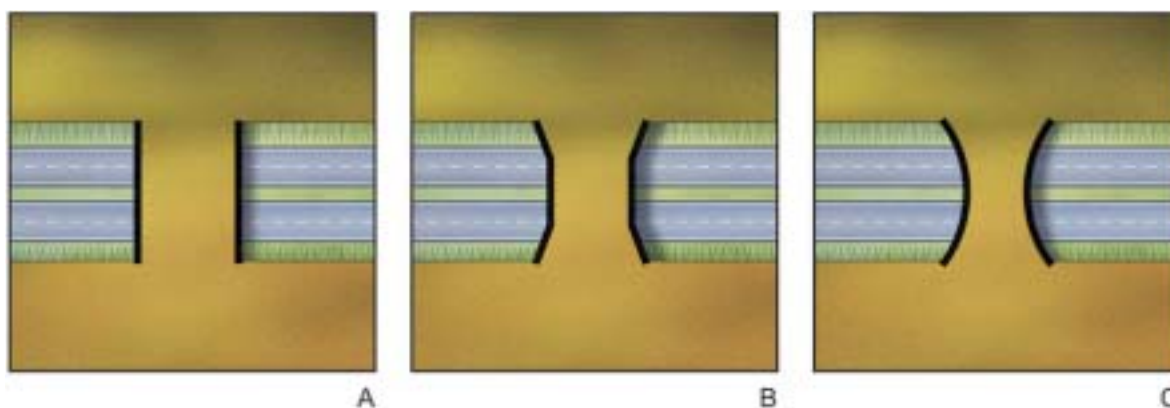


Figura 1.2 – Alternativas de planta para el diseño de los ecoductos.



Figura 1.3 – Bóvedas que permitieron la construcción del ecoducto con la vía en funcionamiento. Foto: H. Bekker.



Figura 1.4 – Un falso túnel constituye una oportunidad para establecer un ecoducto, pero debe restaurarse adecuadamente su superficie. Foto: M. Pey.



Figura 1.5 – Detalle de la sección de un ecoducto en el que se destaca la situación de la mota de protección, el cerramiento y las revegetaciones.



Figura 1.6 – Pantalla vegetal densa para reducir las perturbaciones generadas por el tráfico. Foto: V. Hlavac.



Figura 1.7 – Las motas en los márgenes laterales del ecoducto reducen las perturbaciones en su superficie. Foto: C. Rosell.



Figura 1.8 – Balsa para atraer fauna a los accesos del ecoducto. Foto: H. Bekker.



Figura 1.9 – Piedras en los accesos destinadas a impedir la circulación de vehículos. Foto: H. Bekker.

Especies de referencia

- Ungulados, grandes carnívoros.

Otros grupos que pueden utilizarlo

- El resto de mamíferos y reptiles.
- Con acondicionamientos adecuados, también puede ser útil para invertebrados y orientar el vuelo de murciélagos y aves.

Uso de la estructura

- Exclusivo para la fauna.

Características y prescripciones básicas

- Los pasos superiores específicos para la fauna son estructuras que presentan un completo acondicionamiento de su superficie y en el que no se admiten otros usos distintos al paso de fauna, evitando así, las perturbaciones generadas por la actividad humana.
- La principal diferencia entre el paso superior específico y el ecoducto es la menor anchura del primero, que impone limitaciones para la restauración de hábitats. Por ello, mientras que el ecoducto permite restablecer la continuidad entre las comunidades vegetales del entorno y, por tanto, conectar los hábitats, la función de los pasos de fauna es facilitar una estructura adecuada para el desplazamiento de individuos entre ambos lados de la infraestructura.
- Para garantizar la funcionalidad del paso deberá ubicarse en los sectores de desplazamiento habitual de fauna y en zonas con baja perturbación derivada de la actividad humana.
- Es importante reducir las molestias a los animales causadas por la visión de las luces y el ruido de los vehículos que circulen por la infraestructura. Para ello, se instalarán pantallas opacas (preferentemente de madera tratada) en los márgenes laterales de la estructura.
- Un correcto drenaje de la superficie del ecoducto, con ligera pendiente (2-3%) desde el eje longitudinal central hacia los márgenes, así como la aplicación de una capa de material aislante que proteja la base de la estructura, son aspectos básicos para garantizar su durabilidad.

Dimensiones

- Anchura mínima: 20 m.
- Anchura recomendada: 40-50 m.
- Relación mínima anchura / longitud: 0,8.



J. Carsignol

- Altura de la pantalla lateral: 2 m.
- Grosor mínimo de tierra vegetal para plantaciones herbáceas: 0,3 m; para plantaciones de arbustos: 0,6 m.

Tipologías constructivas

- Puente, tablero o bóveda. El diseño de construcción será similar al del ecoducto (ver ficha 1). El diseño en forma diábolo amplía las posibilidades de que los animales localicen los accesos al paso, aunque tienen un coste de construcción superior al de las estructuras rectangulares.

Acondicionamientos

Adecuación de la superficie del paso

- La superficie del paso se recubrirá con tierra vegetal y se realizarán plantaciones de arbustos en los sectores laterales del paso que ofrecerán refugio a los animales. La parte central de la estructura se mantendrá sin vegetación o, preferentemente, con vegetación herbácea. Para ofrecer refugio a los animales de pequeño tamaño es recomendable instalar hileras de piedras o tocones de árboles.
- Para la revegetación se utilizarán exclusivamente especies autóctonas y características de los hábitats del entorno, seleccionando las que muestren mayor capacidad de adaptación a las condiciones de la superficie de la estructura.
- Siempre que sea posible, se utilizarán para las plantaciones ejemplares existentes en la zona antes de la construcción de la estructura. Las tierras provendrán también de esta zona o de los terrenos adyacentes, para aprovechar el banco de semillas.
- En infraestructuras situadas en ambientes áridos el mantenimiento de la vegetación puede ser inviable,

a no ser que se utilicen especies muy resistentes al estrés hídrico. En estos casos la instalación de estructuras inertes como hileras de piedras o tocones de árboles, facilitarán refugio a los animales de menor tamaño en los sectores laterales del paso.

Pantallas y cerramiento perimetral

- Se instalarán pantallas opacas (preferentemente de madera tratada) en los márgenes laterales del paso que deberán mantener una adecuada continuidad con el cerramiento perimetral de la vía.

Acondicionamientos de los accesos

- Se realizarán plantaciones y se instalará el cerramiento perimetral de manera que guíen a la fauna hacia las entradas del paso (ver ficha 12). El tratamiento de los accesos debe favorecer su completa integración en el entorno. Se deberá prever, por ello, la expropiación de los terrenos necesarios, que excederá la franja de dominio público de las vías.
- Los tramos más adecuados para la ubicación de pasos superiores son aquellos en los que la vía discurre entre desmontes, ya que los accesos se pueden construir al mismo nivel que el terreno adyacente. En terrenos llanos los accesos deberán contar con rampas poco pronunciadas (pendiente máxima de un 15%, pudiéndose elevar hasta el 25% en los pasos situados en zonas montañosas).
- Deberá evitarse que carreteras transitadas discurren próximas y perpendiculares a las entradas del ecoducto, ya que dificultarían su uso por parte de la fauna.

- La disposición de grandes bloques de piedra en los accesos del paso permitirá evitar el acceso incontrolado de vehículos.

Posibles variaciones a la propuesta base

- En los pasos específicos de grandes dimensiones, preferentemente a partir de 50 m de anchura, las pantallas laterales opacas pueden sustituirse por motas de tierra ubicadas en los márgenes de la estructura, en las que se realizarán plantaciones densas de arbustos para formar pantallas vegetales que minimicen las perturbaciones generadas por la circulación de vehículos en la vía.

Mantenimiento

- Durante los primeros años son indispensables los riegos periódicos para favorecer la implantación de la vegetación.
- Deben programarse siegas periódicas o desbroces con el objetivo de evitar un excesivo desarrollo de la cobertura vegetal.
- Deberá asegurarse la correcta instalación y mantenimiento del cerramiento perimetral, reparando periódicamente los desperfectos observados.
- Es necesario supervisar la aparición de usos inadecuados en el paso (como la circulación de vehículos) y, en caso de que se produzcan, definir actuaciones correctoras adecuadas.





Figura 2.1 – Esquema general de un paso superior específico para la fauna.



Figura 2.2 – Paso situado en un tramo en trinchera. Foto: J.A. Ruiz, Junta de Castilla y la Mancha.



Figura 2.3 – Paso situado en un terreno llano, con rampas de ligera pendiente. Foto: P. Farkas.

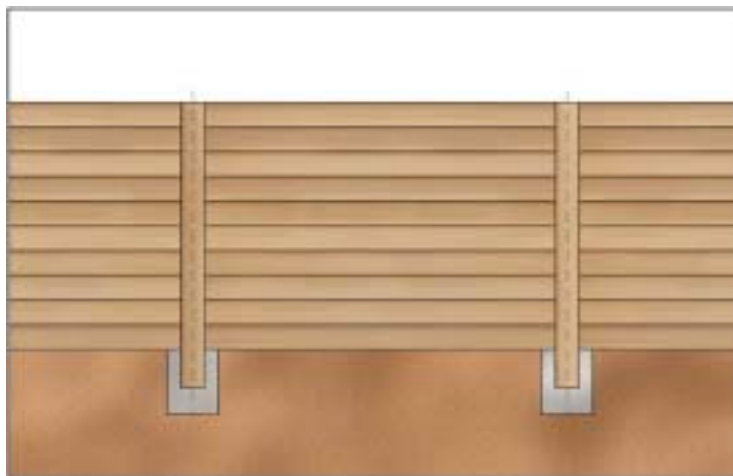


Figura 2.4 – Esquema de una pantalla lateral para reducir las perturbaciones generadas por los vehículos que circulan por la vía.



Figura 2.5 – Siluetas colocadas en las pantallas protectoras que informan a los usuarios de la vía de la existencia de un paso de fauna. Foto: C. Rosell.



Figura 2.6 – Aislamiento de la base de la estructura y drenaje de su superficie. Foto: C. Rosell.



Figura 2.7 – Revegetación en los accesos de un paso para dificultar la circulación de vehículos. Foto: C. Rosell.

Malas prácticas y errores más frecuentes



Figura 2.8 – Circulación motorizada por un paso superior específico para la fauna. Foto: C. Rosell.

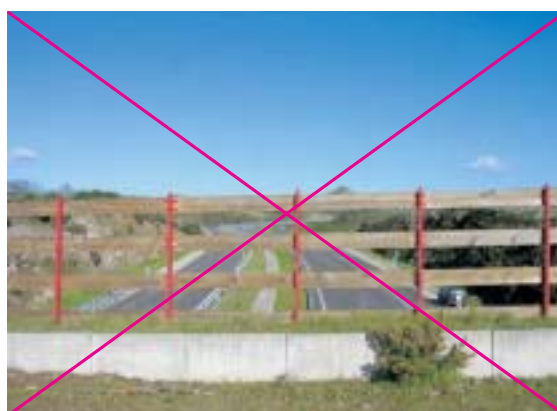


Figura 2.9 – Incorrecta ejecución de una pantalla lateral protectora. Foto: C. Rosell.



Especies de referencia

- Ungulados, grandes carnívoros.

Otros grupos que pueden utilizarlo

- El resto de mamíferos y reptiles.
- Con acondicionamientos adecuados, también puede ser útil para invertebrados y orientar el vuelo de murciélagos y aves.

Uso de la estructura

- Mixto: Paso de fauna y de camino o vía pecuaria.

Características y prescripciones básicas

- Los pasos superiores para la restitución de caminos o vías pecuarias pueden adaptarse fácilmente al paso de fauna silvestre, y pueden ser muy efectivos si presentan una baja intensidad de tránsito y poca perturbación generada por actividades humanas.
- Las modificaciones consistirán, básicamente, en mantener la base de la plataforma con sustrato natural o, como mínimo, mantener dos franjas laterales cubiertas con sustrato natural y, a ser posible, revegetadas, a cada lado de la superficie pavimentada.
- Es importante reducir las molestias a los animales causadas por la visión de las luces y el ruido de los vehículos que circulen por la infraestructura. Con esta finalidad se instalarán pantallas opacas (preferentemente de madera tratada) en los márgenes laterales de la estructura.

Dimensiones

- Anchura mínima: 10 m.
- Anchura recomendada: 20–50 m.
- Relación mínima anchura / longitud: 0,8.
- Anchura mínima de las bandas laterales revegetadas o con sustrato natural: 1 m.
- Altura de la pantalla lateral: 2 m.
- Grosor mínimo de tierra vegetal para plantaciones herbáceas: 0,3 m; para plantaciones de arbustos: 0,6 m.

Tipologías constructivas

- Puente o tablero.



B. Georgii

Acondicionamientos

Adecuación de la superficie del paso

- Si la estructura comparte el paso de fauna con la circulación de vehículos, la superficie central puede estar pavimentada o cubierta de zahorra, pero las franjas laterales deberán recubrirse con tierra vegetal y, cuando sea viable, realizar plantaciones herbáceas o de pequeños arbustos.
- No se instalarán bordillos, u otros elementos de separación, entre las zonas destinadas a la circulación de vehículos y al paso de fauna. La transición entre ambas debe ser el máximo de natural y no presentar obstáculos.
- En infraestructuras situadas en ambientes áridos el mantenimiento de la vegetación puede ser inviable, a no ser que se utilicen especies muy resistentes al estrés hídrico. En estos casos la colocación de hileras de piedras en las franjas laterales, facilitará refugio a los animales de menor tamaño.
- Si se realizan revegetaciones, se utilizarán exclusivamente especies autóctonas y características de los hábitats del entorno, seleccionando las que muestren mayor capacidad de adaptación a las condiciones de la superficie de la estructura y, particularmente, resistencia a la aridez.

Situación del sector destinado a circulación de vehículos

- Preferentemente se ubicará el camino en el eje central de la estructura, permitiendo que los animales accedan a las dos franjas no pavimentadas desde ambos lados.
- En pasos de grandes dimensiones la distribución puede variar, disponiendo una franja no pavimentada de

2 m en uno de los márgenes, a continuación el camino destinado a paso de vehículos y, finalmente, otra franja destinada al paso de fauna que ocupará el resto de la superficie.

Pantallas y cerramiento perimetral

- Se instalarán pantallas opacas en los márgenes laterales del paso que deberán mantener una adecuada continuidad con el cerramiento perimetral de la vía.

Acondicionamientos de los accesos

- Se realizarán plantaciones y se instalará el cerramiento perimetral de manera que guíen a la fauna hacia las franjas laterales destinadas al paso de fauna (ver ficha 12).
- Los tramos más adecuados para la ubicación de pasos superiores son aquellos en los que la vía discurre en-

tre desmontes, ya que los accesos se pueden construir al mismo nivel que el terreno adyacente. En terrenos llanos los accesos deberán contar con rampas poco pronunciadas (pendiente máxima de un 15%, pudiéndose elevar hasta el 25% en los pasos situados en zonas montañosas).

Mantenimiento

- En caso de que se revegeten las franjas laterales, durante los primeros años son indispensables los riegos periódicos para favorecer la implantación de la vegetación, y deberán realizarse siegas regularmente.
- Deberá asegurarse la correcta instalación y mantenimiento del cerramiento perimetral, reparando periódicamente los desperfectos observados.





Figura 3.1 – Esquema general de un paso superior multifuncional.



Figura 3.2 – Márgenes con vegetación que se prolonga por la superficie del paso. Foto: V. Hlavac.



Figura 3.3 – Paso superior con la superficie cubierta de tierras procedentes de los terrenos adyacentes. Foto: R. Campeny.



Figura 3.4 – Lobo utilizando un paso superior. Foto: CEDEX. Universidad Autónoma de Madrid.

Malas prácticas y errores más frecuentes



Figura 3.5 – Paso que podría haber sido acondicionado para la fauna colocando pantallas de madera y revegetando las franjas laterales. Foto: F. Navàs.



Figura 3.6 – La franja lateral destinada a la fauna debería estar cubierta de tierra, en este caso se han utilizado gravas. Además, la ubicación es poco adecuada debido a la proximidad de edificaciones. Foto: F. Navàs.



Figura 3.7 – Colocación de contenedores de residuos próxima a los accesos de un paso superior adaptado al paso de fauna. Foto: F. Navàs.



Especies de referencia

- Mamíferos arborícolas, especialmente ardillas.

Otros grupos que pueden utilizarlo

–

Uso de la estructura

- Exclusivo para la fauna.

Características y prescripciones básicas

- Paso muy específico cuya utilidad se centra básicamente en reducir la mortalidad de ardillas por atropello, en tramos concretos en los que una carretera cruce una zona forestal. También pueden ser aplicables en zonas periurbanas o en entornos urbanos rurales en los que la presencia de este roedor es importante y se hayan detectado tramos de alta concentración de atropellos.
- Consiste en el anclaje de cuerdas o cables, o en la instalación de plataformas elevadas, que permitan el paso de los animales entre las ramas de los árboles situados a ambos lados de la infraestructura.
- En carreteras locales y vías de ferrocarril convencional puede utilizarse una cuerda, madera o plataforma instalada entre las ramas. Para vías de mayor anchura (y por lo tanto, mayor distancia entre árboles), se requieren estructuras más estables y resistentes.
- Este tipo de pasos no es aplicable en las regiones que cuentan con normativa destinada a evitar la propagación de incendios forestales a partir de los márgenes de las vías de transporte, y que establece la obligatoriedad de evitar la continuidad entre las copas de los árboles entre los márgenes de la vía y los hábitats forestales adyacentes.

Dimensiones

- Cuerdas a partir de un diámetro de 4 cm.
- Plataformas de madera de 30 cm de anchura.



H. Bekker

- Dos cables de acero paralelos, separados entre 20 y 30 cm, y con una red entre ellos.

Tipologías constructivas

- Diversas.

Acondicionamientos

- No requiere ningún acondicionamiento particular, excepto mantener la continuidad entre la cobertura forestal y el paso.

Posibles variaciones a la propuesta base

- Los pasos entre árboles no deben ser accesibles a los depredadores. Para reducir el riesgo de depredación por aves rapaces sobre los animales que los utilicen, se puede colocar una cuerda adicional en la parte superior del paso.

Mantenimiento

- Deberán realizarse inspecciones regularmente para evitar un desgaste excesivo de los elementos que componen el paso (cuerdas, cables, plataformas) y reemplazar los que estuvieran en mal estado.

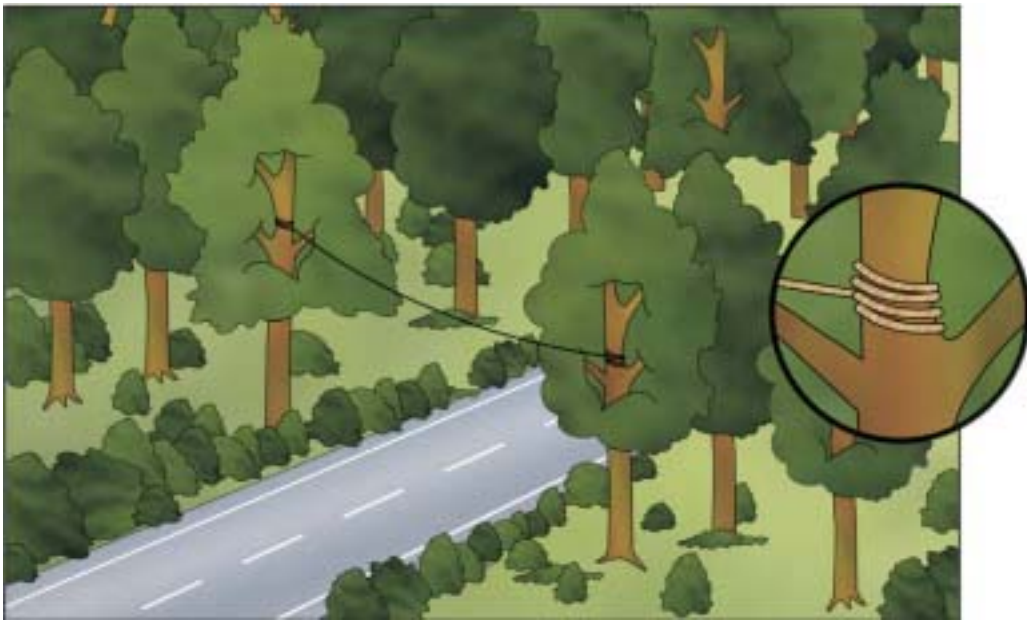


Figura 4.1 – Esquema general de un paso entre árboles.



Figura 4.2 – Las cuerdas que cuelgan entre árboles facilitan un punto de cruce para ardillas en este entorno periurbano. Foto: R. Campeny.



Figura 4.3 – Plataformas de madera instaladas en un soporte de señalización de una autopista. Foto: H. Bekker.

Especies de referencia

- Ungulados.

Otros grupos que pueden utilizarlo

- El resto de grupos, incluidas las especies acuáticas y semiacuáticas.

Uso de la estructura

- Multifuncional.

Características y prescripciones básicas

- Los viaductos, en los que la plataforma de la vía se dispone sobre pilas, son estructuras que permiten conservar intactos o poco alterados, los hábitats asociados a cursos fluviales, que albergan una notable diversidad biológica y canalizan los desplazamientos de fauna. También son estructuras adecuadas para evitar la afección de marismas u otro tipo de humedales.
- Constituyen una alternativa a la construcción de terraplenes con pasos inferiores a la vía, que ejercen un mayor efecto barrera y no permiten restablecer la continuidad de hábitats que facilita un viaducto.
- Las medidas de adaptación de un viaducto al paso de fauna consisten básicamente en minimizar la afectación a la vegetación de ribera y al lecho del río durante la fase de construcción, sobredimensionar la estructura para conservar los hábitats del curso fluvial y sus márgenes, y mantener la morfología del terreno recurriendo lo mínimo posible a estructuras artificiales de estabilización.
- Se evitará en todo caso el encauzamiento del curso fluvial y, si fuera indispensable para garantizar la estabilidad del viaducto, se realizará mediante estructuras compatibles con el paso de fauna (escolleras revegetadas, mallas geotextiles, etc.) y se habilitarán franjas laterales secas adecuadamente restauradas.

Dimensiones

- La longitud del viaducto se proyectará, además de atender a los condicionantes hidráulicos, con una extensión que permita cubrir toda la franja ocupada por vegetación de ribera, y 10 m más a cada lado de la misma.
- La distancia entre la vegetación de ribera y las pilas o estribos del viaducto será de 5 m como mínimo, con la finalidad de reducir la afectación a los hábitats naturales.
- La altura de las pilas del viaducto será de 5 m, si se disponen sobre comunidades vegetales arbustivas



M. Fernández Bou

o herbáceas, y de 10 m si se trata de formaciones arbóreas.

Tipologías constructivas

- Diversas.

Acondicionamientos

Conservación de los hábitats situados bajo la estructura

- Para garantizar la continuidad de los hábitats en el entorno fluvial, o en humedales, se evitará en lo posible la alteración de las comunidades vegetales bajo el viaducto y su entorno. Con esta finalidad, en áreas con alto interés de conservación se optará por sistemas constructivos como las técnicas de losa empujada, voladizos sucesivos, o el uso de cimbras autoportantes. Cuando se utilicen cimbras tradicionales, solamente deberá eliminarse la vegetación bajo los puntos de apoyo.
- Los caminos de obra deberán planificarse y ejecutarse adecuadamente, evitando la destrucción de hábitats de interés y minimizando el efecto barrera que puedan ejercer para la fauna que se desplaza por el cauce fluvial.
- Cuando en la fase de construcción sea indispensable la alteración de la vegetación existente, se restaurarán los hábitats restableciendo la morfología original del terreno y revegetando la superficie con especies autóctonas propias del hábitat afectado.
- Las pilas y estribos deben quedar situados, siempre que sea posible, fuera de la zona ocupada por la vegetación de ribera, y dejando márgenes adicionales a cada lado de ella. En estos terrenos se conservarán las

comunidades vegetales existentes, o las zonas agrícolas si fuera el caso, evitando los usos incompatibles con el desplazamiento de fauna.

Acondicionamientos de los accesos

- Se realizarán plantaciones y se instalará el cerramiento perimetral de manera que guíen a la fauna desde los hábitats del entorno hacia el viaducto (ver ficha 12).
- Pueden instalarse grandes bloques de piedra bajo el viaducto si existe riesgo de que el terreno se utilice para la circulación de vehículos.

Posibles variaciones a la propuesta base

- Debe evitarse la ubicación de trazados de infraestructuras viarias bajo los viaductos adaptados al paso de fauna. Esta opción sólo podrá considerarse si la estructura cubre una extensión importante y las vías presentan una intensidad de tránsito baja o moderada; en estos casos, es preferible que la vía se sitúe próxima a uno de los estribos del viaducto, y se acondicionarán pantallas (preferentemente vegetales densas) para reducir las perturbaciones generadas por el tráfico de vehículos. También se instalarán los cerramientos necesarios para reducir el riesgo de atropello

que la vía genera en la fauna que se desplaza por el entorno fluvial.

- Algunos viaductos cuentan con pantallas laterales en los márgenes de la plataforma, por ejemplo, pantallas acústicas destinadas a reducir el ruido generado por el tráfico en las inmediaciones de la vía. Se evitará, en estos casos, el uso de pantallas transparentes que causan mortalidad de aves por colisión, o bien, se señalarán adecuadamente para advertir a las aves de su presencia (ver ficha 19).

Mantenimiento

- Se realizarán inspecciones periódicas de la superficie situada bajo el viaducto para comprobar que no existen obstáculos que dificulten el paso de animales, y evitar que se implanten usos inadecuados (se advierte, con cierta frecuencia, su uso como zonas de estacionamiento de maquinaria o de depósito temporal de materiales agrícolas).
- En caso de que se haya procedido a restaurar los terrenos afectados por la construcción de la estructura, las revegetaciones serán objeto de las medidas de mantenimiento necesarias para favorecer su implantación.
- Deberá asegurarse la correcta instalación y mantenimiento del cerramiento perimetral, reparando periódicamente los desperfectos observados.





Figura 5.1 – Distribución de distintos usos bajo un viaducto: curso fluvial, sectores revegetados que se mantienen secos y ubicación de una carretera en las proximidades de uno de los estribos del viaducto.

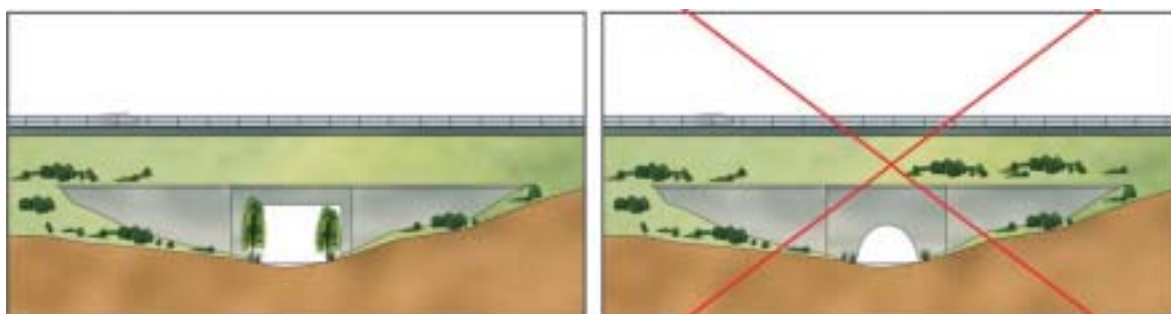


Figura 5.2 – Estas estructuras son menos adecuadas que un viaducto para el cruce de valles fluviales. Los puentes aún admiten la posibilidad de mantener la continuidad de la vegetación de ribera pero para el cruce de valles fluviales no deben aplicarse estructuras de dimensiones más reducidas que impidan la conectividad de los hábitats.



Figura 5.3 – El viaducto permite mantener la continuidad del curso fluvial y evita la fragmentación de las zonas de cultivo: Foto: C. Rosell.



Figura 5.4 – Pilas situadas fuera del cauce. Foto: R. Campeny.



Figura 5.5 – Inicio de la restauración de un margen fluvial. Foto: C. Rosell.



Figura 5.6 – Cerramiento continuo entre ambos lados del viaducto. Puede mejorarse adosando la malla al estribo del viaducto. Foto: R. Campeny.

Malas prácticas y errores más frecuentes



Figura 5.7 – Destrucción completa de los hábitats del cauce durante la fase de construcción. Foto: C. Rosell.



Figura 5.8 – Camino de obra que ha interrumpido la continuidad del curso fluvial. Foto: R. Campeny.



Figura 5.9 – Mala disposición de las pilas dentro del cauce. Foto: F. Navàs.



Figura 5.10 – Uso inadecuado de los terrenos situados bajo el viaducto. Foto: C. Rosell.



Especies de referencia

- Ungulados, grandes carnívoros.

Otros grupos que pueden utilizarlo

- Otros carnívoros, lagomorfos, micromamíferos y reptiles. También anfibios si hay suficiente humedad ambiental y se instalan cerramientos adecuados (ver ficha 11).

Uso de la estructura

- Exclusivo para la fauna.

Características y prescripciones básicas

- Los pasos inferiores consiguen una alta efectividad para el paso de fauna aunque presentan más dificultades para conectar hábitats, ya que permiten un crecimiento limitado de la vegetación.
- Son adecuados para restablecer la permeabilidad en los tramos en los que el trazado de la infraestructura discurre sobre terraplén.
- Su ubicación deberá coincidir con rutas de desplazamiento habitual de fauna.
- Se evitará la circulación de vehículos por estas estructuras y se minimizarán las perturbaciones derivadas de la actividad humana.

Dimensiones

- Altura mínima: 3,5 m
- En áreas con presencia de jabalí y corzo, anchura mínima: 7 m y con Índice de Apertura ($a \times h / l$) $> 0,75$
- En áreas con presencia de ciervo, anchura mínima: 12 m y con Índice de Apertura ($a \times h / l$) $> 1,5$
- Anchura recomendada para optimizar su efectividad: 15 m
- Los pasos deben tener la mínima longitud posible, por ello, siempre que sea posible, se construirán perpendiculares a la vía, y no excederán los 70 m de longitud.

Tipologías constructivas

- Estructuras de sección abierta: pórtico o bóveda. Los marcos son menos adecuados porque no permiten conservar el sustrato natural.



C. Rosell

Acondicionamientos

Adecuación del interior del paso

- Deberá asegurarse un buen drenaje de la estructura con el objeto de evitar la inundación del paso, incluso después de períodos de fuertes lluvias, ya que la presencia de una lámina de agua dificulta el paso de muchas especies. Si se prevén períodos de inundación temporal la base de la estructura se adecuara de manera que, en todo momento, se mantengan franjas laterales secas de cómo mínimo 1 m de anchura.
- Es preferible que la base del paso mantenga sustrato natural. Por ello son preferibles las estructuras de sección abierta, como los pórticos o bóvedas.
- La revegetación sólo es viable en los tramos más próximos a los accesos, ya que en el tramo central del paso las condiciones no son adecuadas para el crecimiento de la vegetación.

Acondicionamientos de los accesos

- Se realizarán plantaciones y se instalará el cerramiento perimetral de manera que guíen a la fauna hacia los accesos del paso (ver ficha 12).
- Se evitará que carreteras transitadas discurren próximas y perpendiculares a las entradas del paso, ya que dificultarían su uso por parte de la fauna.
- Si la infraestructura viaria situada por encima del paso tiene una alta intensidad de tráfico, es recomendable instalar pantallas opacas en la parte superior de la estructura, para atenuar las perturbaciones generadas por el tráfico de vehículos.

Posibles variaciones a la propuesta base

- Si se utilizan estructuras de sección cerrada, es recomendable recubrir la base de hormigón con sustrato natural.
- Para facilitar refugios a los animales de pequeño tamaño y, así, facilitarles el uso del paso, se pueden instalar hileras de piedras, tocones de árboles, troncos o ramas secas en los márgenes laterales de la estructura.

Mantenimiento

- Deberá asegurarse la correcta instalación y mantenimiento del cerramiento perimetral para detectar y corregir la aparición de desperfectos.
- Las tareas de mantenimiento deberán incluir el control de los usos inadecuados (por ejemplo, su uso como depósito temporal de materiales) que dificulten su uso para el paso de fauna, así como la retirada de residuos u otros elementos que obstaculicen el paso.





Figura 6.1 – Esquema general de un paso inferior específico.



Figura 6.2 – Estructura de dimensiones adecuadas y que muestra un buen acondicionamiento de sus accesos. Foto: J. Dufek.



Figura 6.3 – Bóveda que permite una gran sección sin tabiques, antes de iniciar la restauración. Foto: C. Rosell.



Figura 6.4 – Las revegetaciones facilitan integración del paso en su entorno. Foto: F. Navàs.



Figura 6.5 – Ciervo utilizando un paso inferior. Foto: CEDEX. Universidad Autónoma de Madrid

Malas prácticas y errores más frecuentes



Figura 6.6 – La inundación completa de la base de la estructura dificulta el paso de la fauna. Foto: C. Rosell.



Figura 6.7 – El cerramiento no se ha completado por encima del paso, permitiendo el acceso de animales a los taludes. Foto: C. Rosell.

Especies de referencia

- Ungulados, grandes carnívoros.

Otros grupos que pueden utilizarlo

- Carnívoros, lagomorfos, micromamíferos y reptiles. También anfibios si hay suficiente humedad ambiental y se instalan cerramientos adecuados (ver ficha 11).

Uso de la estructura

- Mixto: Paso de fauna y camino, vía pecuaria, acequia o canal.

Características y prescripciones básicas

- Se trata de pasos inferiores destinados a la restitución de caminos o vías pecuarias que pueden adaptarse para favorecer su uso como pasos de fauna.
- Se adaptarán preferentemente estructuras que restituyan caminos con baja intensidad de tránsito o vías pecuarias. También puede combinar el paso de fauna con el de acequias o canales.
- Las modificaciones destinadas a favorecer el paso de fauna consisten, básicamente, en mantener la base del paso con sustrato natural, o bien, conservar dos bandas laterales sin pavimentar por las cuales los animales podrán desplazarse sobre un sustrato similar al del entorno. También es indispensable el acondicionamiento de los accesos del paso.

Dimensiones

- Altura mínima: 3,5 m
- En áreas con presencia de jabalí y corzo, anchura mínima: 7 m y con Índice de Apertura ($a \times h / l$) $> 0,75$
- En áreas con presencia de ciervo, anchura mínima: 12 m y con Índice de Apertura ($a \times h / l$) $> 1,5$
- Anchura recomendada para optimizar su efectividad: 15 m
- Anchura mínima de franjas laterales con sustrato natural: 1 m.
- Los pasos deben tener la mínima longitud posible, por ello, siempre que sea posible, se construirán perpendiculares a la vía, y no excederán los 70 m de longitud.

Tipologías constructivas

- Estructuras de sección abierta: pórtico o bóveda.



C. Rosell

Acondicionamientos

Adecuación del interior del paso

- Deberá asegurarse un buen drenaje de la estructura con el objeto de evitar la inundación del paso, incluso después de períodos de fuertes lluvias, ya que la presencia de una lámina de agua dificulta el paso de muchas especies. Si se prevén períodos de inundación temporal la base de la estructura se adecuará de manera que, en todo momento, se mantengan franjas laterales secas de cómo mínimo 1 m de anchura.
- Si la estructura comparte el paso de fauna con la circulación de vehículos, la superficie central puede estar pavimentada o cubierta de zahorra, pero las franjas laterales deberán recubrirse con sustrato natural.
- La revegetación de las franjas laterales sólo es viable en los tramos más próximos a los accesos, ya que en el sector central las condiciones no son adecuadas para el crecimiento de la vegetación.
- No se instalaran bordillos, u otros elementos de separación, entre las zonas destinadas a la circulación de vehículos y al paso de fauna. La transición entre ambas debe ser el máximo de natural y no presentar obstáculos.

Situación del sector destinado a circulación de vehículos

- Preferentemente se ubicará el camino en el eje central de la estructura, permitiendo que los animales accedan a las dos franjas no pavimentadas desde ambos lados.
- En pasos de grandes dimensiones la distribución puede variar, disponiendo una franja no pavimentada de 2 m en uno de los márgenes, a continuación el cami-

no destinado a paso de vehículos y, finalmente, otra franja destinada al paso de fauna que ocupará el resto de la superficie.

Acondicionamientos de los accesos

- Se realizarán plantaciones y se instalará el cerramiento perimetral de manera que guíen a la fauna hacia los accesos del paso (ver ficha 12).
- Se evitará que carreteras transitadas discurran próximas o perpendiculares a las entradas del paso, ya que dificultarían su uso por parte de la fauna.
- Si la infraestructura viaria situada por encima del paso tiene una alta intensidad de tráfico, es recomendable instalar pantallas opacas en la parte superior de la es-

tructura, para atenuar las perturbaciones generadas por el tráfico de vehículos.

Posibles variaciones a la propuesta base

- Para facilitar refugios a los animales de pequeño tamaño y, así, facilitarles el uso del paso, se pueden instalar hileras de piedras, tocones de árboles, troncos o ramas secas en los márgenes laterales de la estructura.

Mantenimiento

- Deberá asegurarse la correcta instalación y mantenimiento del cerramiento perimetral para detectar y corregir la aparición de desperfectos.





Figura 7.1 – Esquema general de un paso inferior multifuncional.



Figura 7.2 – Paso de una vía de ferrocarril que combina el paso esporádico de trenes con el de fauna. Foto: V. Hlavac.



Figura 7.3 – Restitución de un camino forestal compatible con el paso de fauna silvestre. Foto: B. Wandall.



Figura 7.4 – El camino sin pavimentar y el cerramiento bien adosado a las aletas favorecen el paso de fauna. Foto: F. Nàvas.



Figura 7.5 – Los pasos destinados a ganado también pueden ser adaptados para facilitar su uso para fauna silvestre. Foto: E. Perapoch.



Figura 7.6 – Disposición de una acequia en uno de los márgenes de la estructura, dejando amplias franjas destinadas al paso de fauna.



Figura 7.7 – Estructura que combina el paso de fauna con un camino forestal. Por la zanja lateral se canaliza una acequia. Foto: F. Navàs.

Malas prácticas y errores más frecuentes



Figura 7.8 – La escollera dificulta el paso de fauna. Foto: F. Navàs.



Figura 7.9 – Accesos al paso mal acondicionados. Foto: F. Navàs.



Especies de referencia

- Carnívoros de pequeño y mediano tamaño (mustélidos, gineta, etc.).

Otros grupos que pueden utilizarlo

- Lagomorfos, micromamíferos y reptiles (incluidos camaleones y tortugas). También anfibios si hay suficiente humedad ambiental y se instalan cerramientos adecuados (ver ficha 11).
- No adecuado para ungulados ni para grandes carnívoros.

Uso de la estructura

- Exclusivo para la fauna.

Características y prescripciones básicas

- En los tramos donde se requiera aumentar la permeabilidad para pequeños vertebrados y en los que no se disponga de suficientes drenajes que puedan adaptarse para el paso de fauna, será necesario construir pasos adecuados para las especies de pequeño y mediano tamaño. También es posible construir este tipo de estructuras en vías en funcionamiento, en tramos en los que se registre una alta mortalidad de alguna especie de alto interés y susceptible de usar estos pasos.
- Son adecuados para los tramos en los que el trazado de la infraestructura discurra sobre terraplén.
- Se construirán preferentemente a partir de marcos de sección cuadrada o rectangular, ya que facilitan una mayor superficie en la base que las estructuras circulares.

Dimensiones

- Mínimas: 2 x 2 m.
- Los pasos deben tener la mínima longitud posible, por ello, siempre que sea posible, se construirán perpendiculares a la vía, y no excederán los 70 m de longitud.

Tipologías constructivas

- Cajón.

Acondicionamientos

Adecuación del interior del paso

- Deberá asegurarse un buen drenaje de la estructura con el objeto de evitar la inundación del paso,



F. Navàs

incluso después de períodos de fuertes lluvias, ya que la presencia de una lámina de agua dificulta el paso de muchas especies. Si se prevén períodos de inundación temporal la base de la estructura se adecuará de manera que, en todo momento, se mantengan dos franjas laterales secas, una en cada lado de la estructura, de cómo mínimo 60 cm de anchura, aunque si la anchura del paso lo permite, es preferible que alcancen 1 m de anchura (ver ficha 9).

Acondicionamientos de los accesos

- Se realizarán plantaciones y se instalará el cerramiento perimetral de manera que guíen a la fauna hacia los accesos del paso (ver ficha 12).
- Se evitará que carreteras transitadas discurran próximas o perpendiculares a las entradas del paso, ya que dificultarían su uso por parte de la fauna.
- Si la infraestructura viaria situada por encima del paso tiene una alta intensidad de tráfico, es recomendable instalar pantallas opacas en la parte superior de la estructura, para atenuar las perturbaciones generadas por el tráfico de vehículos.

Mantenimiento

- Deberá asegurarse la correcta instalación y mantenimiento del cerramiento perimetral para detectar y corregir la aparición de desperfectos.
- Se programarán limpiezas periódicas para retirar los residuos u otros elementos que obstaculicen el paso.

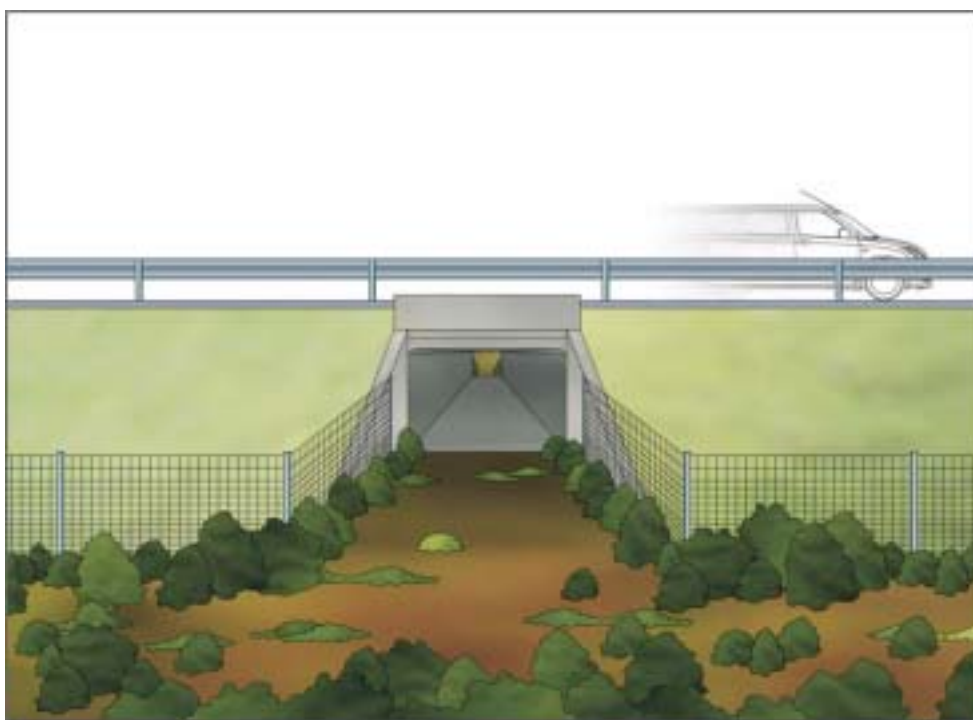


Figura 8.1 – Esquema general de un paso inferior específico para pequeños vertebrados.



Figura 8.2 – La colocación del cerramiento facilita la localización de accesos. Foto: F. Navàs.



Figura 8.3 – Hileras de ramas secas para facilitar refugio a animales de pequeño tamaño. Foto: P. Robles.



Figura 8.4 – Tejón utilizando un paso de fauna. Foto: Mi-nuartia.



Figura 8.5 – Integración del acceso en los taludes del terraplén. Foto: V. Keller.



Especies de referencia

- Carnívoros de pequeño y mediano tamaño (especialmente mustélidos, gineta, etc.).

Otros grupos que pueden utilizarlo

- Lagomorfos, micromamíferos, reptiles, y también anfibios si hay suficiente humedad ambiental y se instalan cerramientos adecuados (ver ficha 11).
- Si el drenaje es de dimensiones adecuadas (ver apartado 3.3.4.) y está correctamente adaptado, puede ser utilizado también por ungulados y grandes carnívoros.

Uso de la estructura

- Mixto: Paso de fauna y drenaje.

Características y prescripciones básicas

- La adaptación de obras de drenaje es un sistema eficaz para facilitar el paso de vertebrados de pequeño y mediano tamaño (particularmente de mamíferos), ya que coinciden con vaguadas o fondos de valle que canalizan el desplazamiento de muchas especies y, además, se trata de estructuras poco perturbadas por la actividad humana.
- En las vías de transporte situadas en regiones mediterráneas la adaptación de drenajes es una práctica especialmente adecuada, ya que, debido al régimen torrencial de lluvias, muchas estructuras son de grandes dimensiones y se mantienen completamente secas durante la mayor parte del año.
- Se requieren pocas modificaciones para adaptar los drenajes al paso de fauna. Únicamente se trata de utilizar materiales adecuados (el acero corrugado no es compatible con el paso de fauna), construir banquetas laterales que se mantengan secas para evitar la inundación completa de la estructura, y acondicionar adecuadamente los accesos.
- No serán adaptables al paso de fauna las estructuras que cuenten con pozos o arquetas en sus accesos (ver más información en ficha 20).
- Todos los acondicionamientos que se realicen en los drenajes deberán garantizar que no se reduzca su capacidad hidráulica.

Dimensiones

- Las dimensiones de los drenajes se establecerán en función de los condicionantes hidráulicos. Las es-



C. Rosell

tructuras con una sección mínima de 2 x 2 m (o de 2 m de diámetro, si se trata de estructuras circulares) son susceptibles de ser adaptadas al paso de fauna.

- Anchura mínima de banquetas laterales: 0,5 m. Su altura se definirá en función de la lámina de inundación.
- Pendiente recomendada de las rampas de acceso a las banquetas laterales: 30°; máxima: 45°.
- Para que el paso pueda ser utilizado para ungulados debe tener como mínimo las dimensiones indicadas en la Ficha 6.

Tipologías constructivas

- Pórtico, bóveda, cajón. Las estructuras circulares son menos recomendables, aunque también pueden adaptarse.

Acondicionamientos

Adecuación del interior del paso

- Si se prevé que la base del paso se inunde completamente de manera permanente, o durante largos períodos de tiempo, se construirán dos plataformas o banquetas laterales, que se mantengan secas incluso en los períodos de mayor caudal. Es indispensable que las banquetas estén adecuadamente conectadas con el entorno del paso mediante rampas de acceso.

Acondicionamientos de los accesos

- Para facilitar el acceso de los animales desde el entorno hacia las entradas de la estructura, deben evi-

tarse las discontinuidades generadas por escalones, socavaciones u otros obstáculos. Los encachados de piedra son uno de los mejores recursos para garantizar la continuidad entre la base de hormigón de la estructura y los terrenos adyacentes. Además, permiten evitar uno de los problemas que se observan con mayor frecuencia: la socavación del terreno en las salidas de la estructura que impide o dificulta el desplazamiento de animales.

- Si la salida del drenaje se sitúa en la parte superior de un terraplén, se sustituirán los bajantes escalonados usuales por encachados de piedra, o bien, se abrirán las paredes laterales de los bajantes dándoles una pendiente de 30°. Otra opción, en caso de no ser viable ninguna de las anteriores, es la construcción de pequeñas rampas o plataformas que permitan que los animales que utilicen la estructura puedan acceder con facilidad a los taludes.
- Se realizarán plantaciones y se instalará el cerramiento perimetral de manera que guíen a la fauna hacia los accesos del paso (ver ficha 12).

Posibles variaciones a la propuesta base

- Una alternativa a la construcción de banquetas laterales de hormigón es la instalación de plataformas elevadas (por ejemplo, de madera tratada) situadas por encima del nivel del agua y ancladas a las paredes o a la parte superior de la estructura.
- Si se requiere la adaptación de un drenaje ya existente construido en acero corrugado, se recubrirá completamente su base con hormigón.

Mantenimiento

- Deberá asegurarse la correcta instalación y mantenimiento del cerramiento perimetral para detectar y corregir la aparición de desperfectos.
- Se programarán las tareas de mantenimiento habituales, en las que se retirarán los residuos, acopios de material, u otros elementos que obstaculicen el paso. Estos controles son particularmente necesarios después de períodos de avenidas.



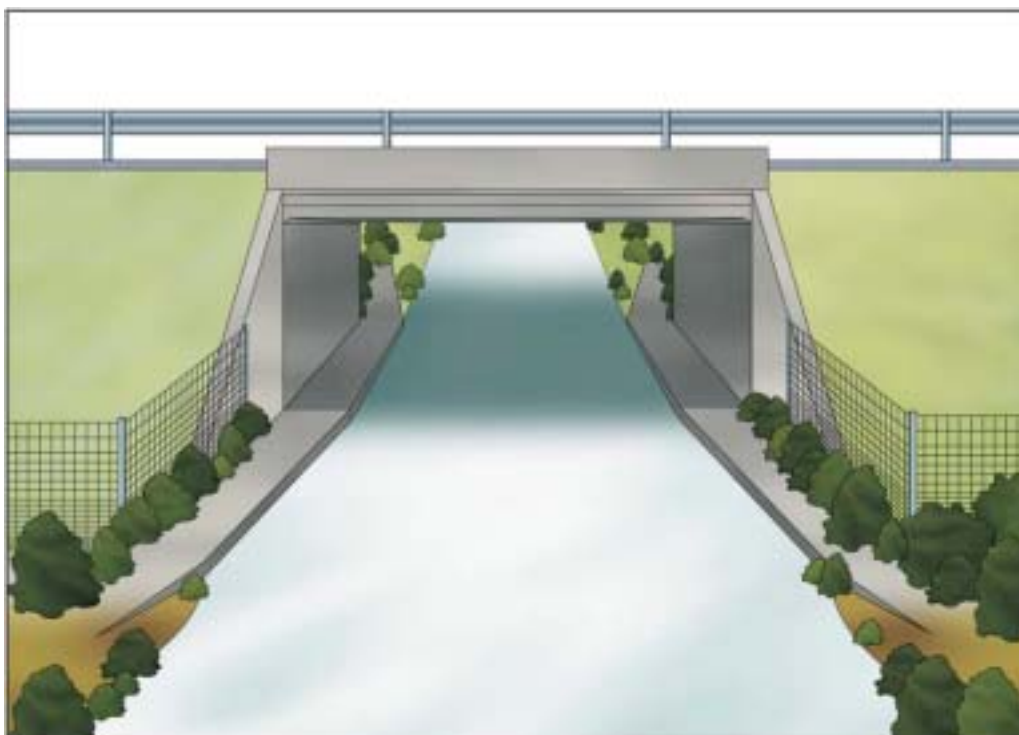


Figura 9.1 – Esquema general de un drenaje adaptado para animales terrestres.



Figura 9.2 – Distintas secciones transversales de drenajes que permiten mantener plataformas secas.



Figura 9.3 – Rampa que facilita una óptima conexión de los taludes con las plataformas secas del drenaje. Foto: H. Bekker.



Figura 9.4 – Interior de una bóveda con plataformas laterales secas. Foto: F. Navàs.



Figura 9.5 – Plataformas de hormigón y madera superpuestas en dos niveles. Foto: F. Navàs.



Figura 9.6 – Nutria utilizando un drenaje adaptado. Foto: V. Hlavac.



Figura 9.7 – Encachado que sustituye un bajante escalonado en la salida de un drenaje. Foto: C. Rosell.



Figura 9.8 – Bajante de protección del terraplén con las paredes laterales en pendiente, adaptadas para facilitar los movimientos de fauna. Foto: C. Rosell.

Malas prácticas y errores más frecuentes



Figura 9.9 – Las paredes de la acequia dificultan el retorno de los animales al entorno. Foto: F. Navàs.

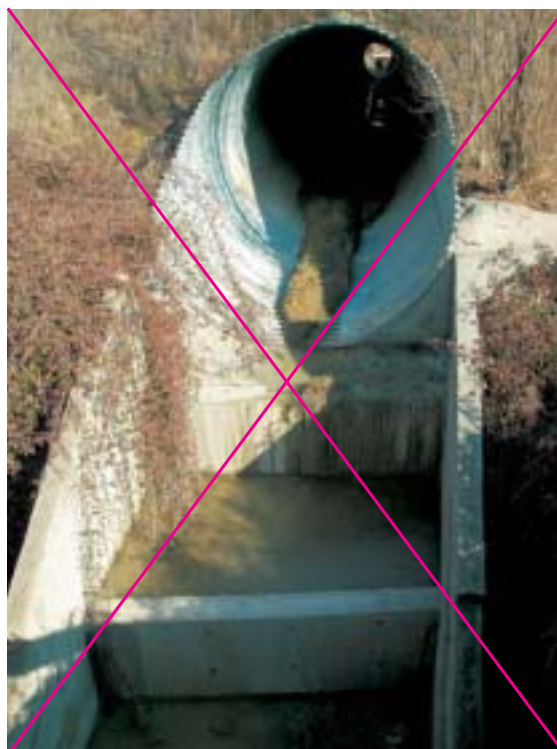


Figura 9.11 – Bajante escalonado que constituye una trampa para la fauna. Foto: F. Navàs.



Figura 9.10 – Falta de rampas que conecten las franjas secas con las zonas adyacentes. Foto: F. Navàs.

Especies de referencia

- Peces y otros organismos acuáticos.

Uso de la estructura

- Mixto: Paso de fauna y drenaje.

Características y prescripciones básicas

- Todas las estructuras por las que discurre un curso de agua permanente deben adaptarse para facilitar el paso de peces y otros animales acuáticos. Esta adaptación debe permitir el movimiento de los peces tanto a favor como en contra de la corriente; éste último es un aspecto fundamental para algunas especies que deben remontar los ríos para el desove.
- Las principales barreras para la movilidad de fauna son las generadas por las socavaciones en la salida del drenaje, por la existencia de desniveles o turbulencias en su interior, por una excesiva velocidad del agua, o por la ausencia de una lámina de agua de suficiente profundidad para permitir la natación de los peces.
- Las actuaciones básicas para la adaptación de un drenaje al paso de peces van destinadas a conseguir que la estructura permita mantener unas condiciones del sustrato similares a las del curso fluvial y a evitar los obstáculos al desplazamiento de fauna. Para ello, la estructura tendrá la mínima longitud posible, y deberá mantener una profundidad de la lámina de agua, una anchura y una pendiente lo más parecidas posible a las del curso fluvial.
- Preferiblemente, los drenajes adaptados al paso de peces serán estructuras de sección abierta que permitan mantener el sustrato natural o, si se trata de elementos de sección cerrada (marcos o tubos), se sobredimensionarán y se hundirán en el terreno de modo que la base se mantenga 15–20 cm por debajo del lecho del curso fluvial.
- No serán adaptables al paso de peces las estructuras que cuenten con pozos, arquetas o bajantes escalonados en sus accesos, ni tampoco aquellas que tengan escalones o tabiques en su interior.
- Todos los acondicionamientos que se realicen en los drenajes deberán garantizar que no se reduzca su capacidad hidráulica.

Dimensiones

- La adaptación sólo se recomienda en estructuras de drenaje con pendiente inferior a 30°.



C. Rosell

- La profundidad mínima de la lámina de agua variará en función de cuales sean las especies de ictiofauna presentes en cada curso. En general, deberá mantenerse una profundidad mínima de 20 cm, aunque es recomendable la consulta a expertos para adaptar las dimensiones al contexto local.

Tipologías constructivas

- Pórtico, bóveda. Las estructuras de sección cerrada (sean circulares o rectangulares) son menos adecuadas, aunque también pueden ser adaptadas para favorecer el paso de peces.

Acondicionamientos

Adecuación del interior del paso

- Se adecuará la pendiente del paso para conseguir que la velocidad de la corriente en el interior del drenaje sea similar a la del curso fluvial.
- Deberá evitarse la existencia de desniveles en el interior del paso o en su salida, ya que pequeños saltos de sólo 5-10 cm pueden impedir el avance de algunas especies o de determinadas clases de edad.
- Es fundamental mantener un sector del paso con agua permanente y con profundidad suficiente para permitir el paso de peces. En cursos con períodos de estiaje de bajo caudal puede ser recomendable la excavación de un canal más profundo en los que se garantice la circulación de agua de manera permanente.
- El drenaje deberá contar también con adaptaciones que permitan el paso de fauna terrestre (ver ficha 9).

Acondicionamientos de los accesos

- La construcción de pequeñas zonas embalsadas en las salidas del drenaje facilitará el remonte de los peces.

- Si por el drenaje discurren canales o acequias deberá plantearse la posibilidad de instalar rejillas u otros sistemas de retención y sedimentación de los materiales arrastrados antes de la entrada de la estructura, aunque deberán permitir el libre movimiento de los peces.

Posibles variaciones a la propuesta base

- En caso de que no sean viables las tipologías constructivas recomendadas (construcción de estructuras de sección abierta, o de sección cerrada, hundidas en el terreno) deberá garantizarse que no se produzcan discontinuidades por escalones, socavaciones u otros elementos, que no puedan ser superados por los peces. Los enchapados de piedra son uno de los recursos que permitirán evitar la socavación en las salidas del drenaje y mantener la continuidad entre

la base de la estructura y el sustrato natural del curso fluvial.

Mantenimiento

- Se programarán las tareas de mantenimiento habituales, en las que se retirarán los residuos, acopios de material, u otros elementos que obstaculicen el paso. Estos controles son particularmente necesarios después de períodos de avenidas.
- En las zonas embalsadas de las salidas de los drenajes deberán realizarse dragados periódicos que eviten su colmatación con sedimentos.
- En caso de que se instalen sistemas de retención de materiales en las entradas de los drenajes por los que cruzan acequias o canales, se llevarán a cabo labores periódicas de limpieza para evitar una acumulación excesiva de materiales de arrastre.



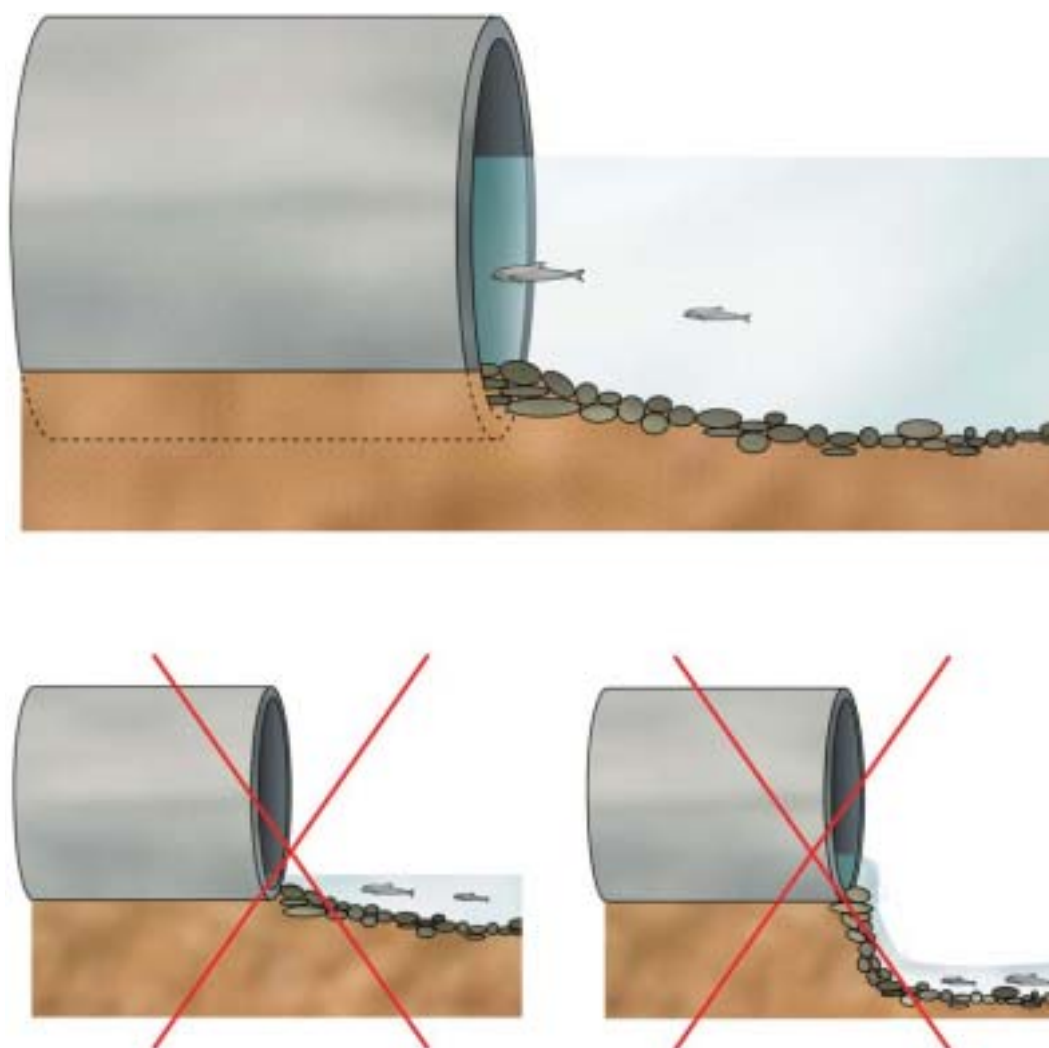


Figura 10.1 – En la parte superior, adaptación de un drenaje para facilitar el paso de fauna. En la parte inferior dos alternativas que dificultan el remonte de los peces debido a la poca altura de la lámina de agua o al importante desnivel.



Figura 10.2 – Drenaje por el que discurre una lámina de agua permanentemente. Foto: J. García Molinos.

Malas prácticas y errores más frecuentes



Figura 10.3 – Drenajes situados en un badén que dificultan el paso de peces. Foto: F. Navàs.



Figura 10.4 – Escalón con el interior del drenaje que supone un obstáculo para el movimiento de fauna acuática. Foto: J. Dufek.

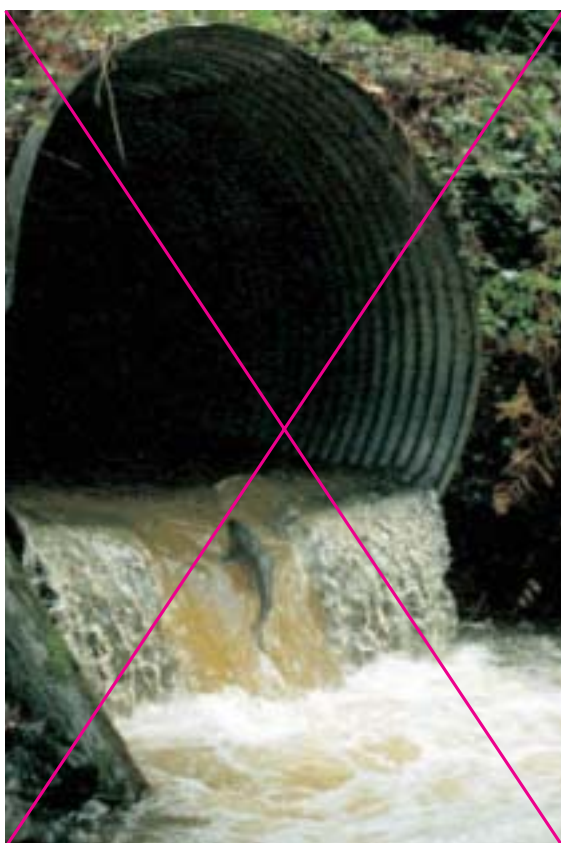


Figura 10.5 – Desnivel excesivo que sólo pueden superar los ejemplares adultos con mejor condición física. Foto: J. García Molinos.

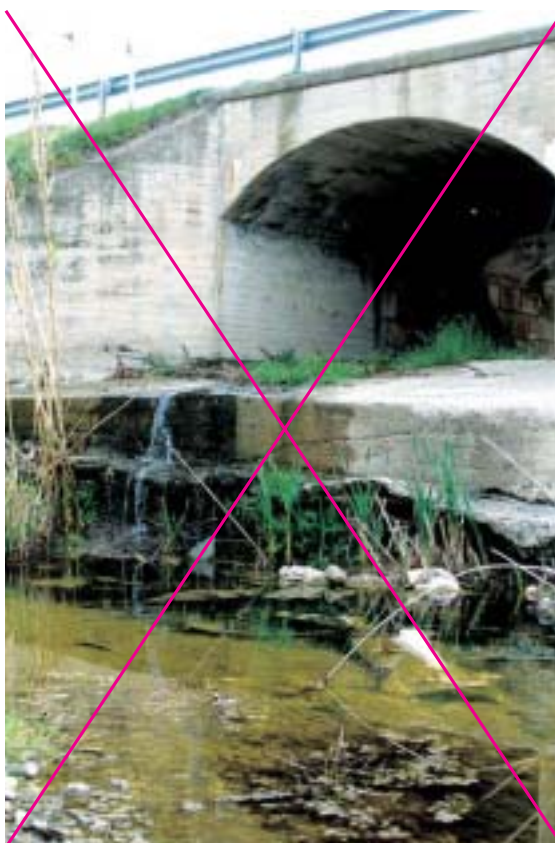


Figura 10.6 – Socavación de la base de la estructura que ha generado un desnivel insalvable para la fauna acuática. Foto: M. Clavero.

Especies de referencia

- Anfibios.

Otros grupos que pueden utilizarlo

- Pequeños carnívoros, micromamíferos y algunos reptiles.

Uso de la estructura

- Exclusivo para la fauna.

Características y prescripciones básicas

- Los anfibios tienen requerimientos muy particulares, ya que no tienen capacidad para orientar sus desplazamientos buscando el acceso al paso de fauna. Por ello, la efectividad de las estructuras destinadas a este grupo depende, en gran medida, de la instalación de un cerramiento específico, que actúa como una estructura de guía destinada a interceptar sus desplazamientos y conducirlos hacia los pasos.
- Los principales conflictos con anfibios se localizan en los puntos donde una infraestructura intercepta las rutas de migración periódica a sus zonas de reproducción (balsas, lagunas o cursos fluviales). En algunas especies tanto la migración hacia estas áreas, como la dispersión de jóvenes hacia los ambientes terrestres, muestran una gran sincronización, por lo que se produce un desplazamiento masivo de individuos en una determinada dirección y durante unos pocos días. Los pasos de anfibios deberán instalarse principalmente en los tramos que interceptan estas rutas en las que, año tras año, se producen estos movimientos. En caso contrario, los anfibios accederán a la calzada y se generará un tramo con una muy alta concentración de atropellos.
- Los tramos problemáticos se permeabilizarán instalando un conjunto de pasos entre los cuales se instalará un cerramiento de guía hacia los pasos, específico para anfibios.

Dimensiones

- La anchura del paso aumentará con su longitud.

Longitud del paso (m)	<20	20-30	30-40	40-50
Sección rectangular (m)	1,00x0,75	1,50x1,00	1,75x1,25	2,00x1,50
Sección circular (m)	Ø 1,00	Ø 1,40	Ø 1,60	Ø 2,00

- Distancia máxima entre los pasos: 60 m; puede ampliarse hasta 100 m si el vallado de guía se dispone ligeramente en forma de embudo para forzar el desplazamiento hacia el paso.



J. Niederstrasser

- Altura mínima del vallado de guía: 0,4 m (0,6 m si hay rana ágil en la zona).

Tipologías constructivas

- Aunque pueden adaptarse estructuras circulares, son preferibles los cajones ya que sus paredes verticales facilitan el avance de los anfibios.

Acondicionamientos

Adecuación del paso

- Las estructuras no deberán presentar ningún tipo de desniveles ni en los accesos, ni en el interior del paso.
- Los pasos deben contar con un buen drenaje para evitar su inundación ya que los anfibios requieren humedad pero no estructuras con una lámina de agua recubriendo su superficie.

Cerramiento - estructura de guía

- La estructura de guía estará constituida por una pequeña valla de 40 cm de altura, de hormigón, madera tratada u otro material opaco. No son aplicables los cerramientos de malla convencionales, ni aún los de luz más reducida, ya que algunas especies intentan trepar por ellos en lugar de avanzar siguiendo la valla en dirección hacia el paso.
- La parte inferior de la malla se ajustará completamente al terreno sin dejar ningún hueco y se unirá a los accesos del paso evitando discontinuidades o la formación de bordes o salientes que pudieran obstaculizar el desplazamiento de los anfibios. Cualquier pequeño desajuste en la base del terreno o en el acceso del paso permitirá que los anfibios accedan a la calzada y el paso perderá completamente su efectividad.
- Son preferibles las vallas completamente verticales. Las que presentan ángulos redondeados dificultan la

siega y no presentan tantas facilidades para el avance de los animales.

- El cerramiento de guía deberá instalarse preferiblemente en la base de los terraplenes sobre los que discurre la vía y lo más próximo posible a esta (aunque sin impedir las tareas de siega de la vegetación en los márgenes), de modo que la longitud del paso sea la menor posible.
- Para no dificultar los movimientos de los animales, la superficie del terreno adyacente al vallado de guía por su parte exterior, debe estar bien perfilada y no presentar desniveles. También es preferible que esta zona esté desprovista de vegetación que pueda obstaculizar los desplazamientos de los animales. No obstante, la cobertura vegetal será útil en los alrededores para ofrecer refugio a los individuos en migración.
- Los extremos del vallado se doblarán hacia el exterior de la vía para orientar a los animales de nuevo hacia el medio natural, en caso de que no se desplacen en el sentido de los pasos.

Posibles variaciones a la propuesta base

- Algunos expertos sugieren que la entrada de luz por la parte superior del paso favorece su uso y, por ello, recomiendan que se cubran los pasos con rejillas. No obstante, no existen resultados concluyentes sobre la influencia de este aspecto en la efectividad del paso.
- Otro diseño de paso de anfibios son los pasos unidireccionales, pero presentan múltiples problemas que deben valorarse antes de su aplicación. Consisten en la construcción de zanjas de captación paralelas a las vías, en las que los anfibios “caen” y sólo tienen la opción de salir de ellas por pasos cuyos accesos se ubican en el interior de la zanja. Estos pasos tienen pendiente hacia el extremo contrario para favorecer el avance de los animales y su salida, una vez se ha cruzado la vía, se sitúa a un nivel inferior al de la zanja de captación del margen opuesto. Entre los problemas que se han identificado en este tipo de pasos destaca el riesgo de que las zanjas de captación se conviertan en trampas en las que quedan atrapados animales de especies de pequeño tamaño, particularmente invertebrados. Además, es indispensable, si se opta por estos sistemas, que se instalen barreras de seguridad en los márgenes de las vías en el tramo afectado, para garantizar la seguridad vial.

Instalación de barreras temporales y traslado manual de anfibios en período de migración

- Debido a la periodicidad de la problemática asociada a los anfibios, en los lugares en los que se intercep-

tan rutas migratorias se puede optar por instalar un sistema temporal de prevención de la mortalidad, ya que esta se produce en un período muy concreto. Estos sistemas constan de una valla de material liso y opaco, que impide el acceso de los animales a la vía y los dirige hacia cubos de recogida donde se pueden mantener durante cierto tiempo antes de ser recogidos y trasladados al otro lado de la infraestructura viaria. Estos sistemas requieren la colaboración de un elevado número de personas y, con frecuencia, sólo son posibles gracias a la participación de grupos de voluntarios.

- Las vallas temporales que impedirán el avance de los anfibios hacia las calzadas de las vías y los dirigirán hacia los cubos de recogida deben ser completamente opacas, de material liso (plástico, lona) y de una altura mínima de 40 cm para evitar que los anfibios trepen o salten por encima de ella. Las estacas de sujeción deben colocarse en la parte interior, y no en el lado por el que se desplazan los animales.
- Los cubos de recogida deben estar adosados a las vallas para favorecer la caída de los animales. Se utilizarán cubos de un mínimo de 30-40 cm de altura, enterrados, con el borde situado al nivel del suelo, y con una distancia entre ellos de unos 10 m. Se instalará uno en cada extremo de la estructura de guía para evitar que los anfibios accedan a la calzada al final del tramo vallado.
- Se procederá al control y traslado de los anfibios al otro lado de la vía programando entre una y tres inspecciones cada 24 horas, aunque este período se adaptará en función de la intensidad del flujo migratorio. En los períodos de mayor actividad pueden ser necesarios controles incluso cada media hora.

Mantenimiento

- En las estructuras permanentes deberá asegurarse la correcta instalación y mantenimiento del vallado de guía para detectar y corregir la aparición de desperfectos.
- Se programarán tareas de mantenimiento periódicas para retirar los residuos, acopios de material, u otros elementos que pudieran obstaculizar los pasos.
- Periódicamente se procederá a segar la vegetación en los 50 cm más próximos al vallado de guía por su parte exterior. Esta labor es particularmente necesaria antes de los períodos migratorios, que varían en función en las distintas especies y condiciones y, por ello, se requerirá el asesoramiento de expertos para establecer los períodos de siega más adecuados en cada situación.

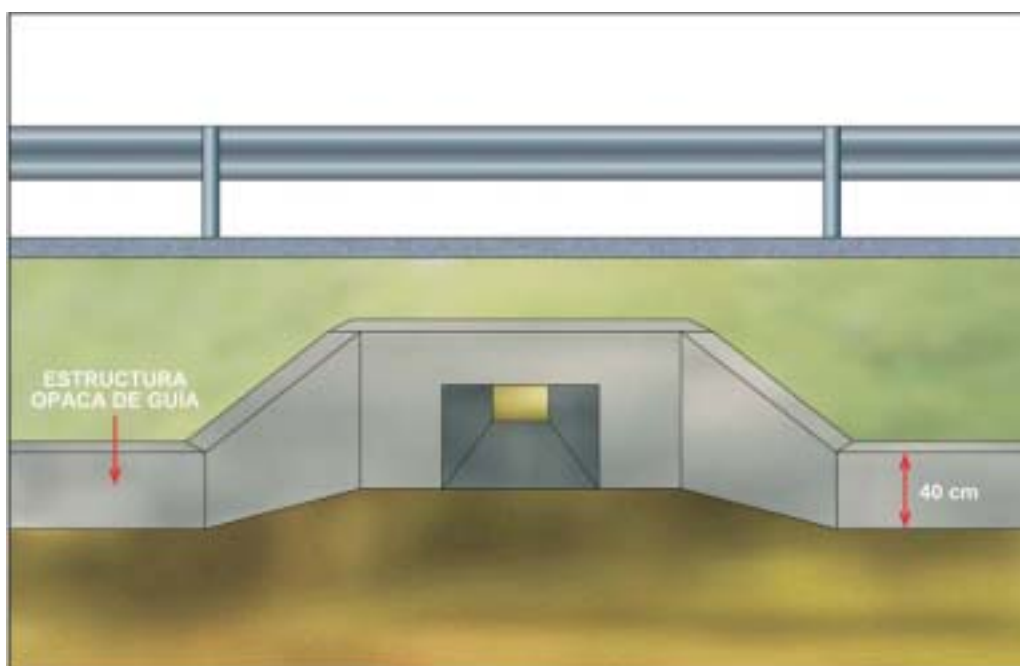


Figura 11.1 – Esquema general de un paso para anfibios.



Figura 11.2 – El terreno adyacente a la estructura de guía se mantiene completamente liso y sin vegetación. Foto: COST 341.



Figura 11.3 – Paso de anfibios con estructura de guía formando embudo. Foto: GIASA.



Figura 11.4 – Cerramiento opaco de hormigón que constituye una óptima estructura de guía. En este ejemplo faltan las barreras para garantizar la seguridad de los vehículos. Foto: C. Rosell.



Figura 11.5 – Estos cerramientos prefabricados son de fácil colocación, aunque requieren mantenimiento frecuente y dificultan las tareas de siega. Foto: C. Rosell.



Figura 11.6 – Barrera temporal que se combina con cubos de recogida. Foto: Oficina de Medio Ambiente, Universidad de Vigo.



Figura 11.7 – Cubo de recogida de los anfibios que se trasladarán manualmente. Foto: Oficina de Medio Ambiente, Universidad de Vigo.

Malas prácticas y errores más frecuentes



Figura 11.8 – Desajuste entre la estructura de guía y el acceso al paso para anfibios. Foto: C. Rosell.



Figura 11.9 – Discontinuidad entre distintos tramos de las vallas de guía. Foto: F. Navàs.



Figura 11.10 – Las zanjas de recogida de anfibios que los conducen a entradas de pasos ubicadas en su interior, constituyen trampas para animales de pequeño tamaño. Foto: C. Rosell.



Figura 11.11 – Las mallas de alambre galvanizado no son aplicables porque los anfibios intentan trepar por ellas. Foto: R. Campeny.



Especies de referencia

- Todos los grupos.

Características y prescripciones básicas

- Para facilitar el uso de los pasos de fauna, es importante que los accesos a los mismos estén bien conectados con el entorno adyacente y que se oriente a los animales hacia las entradas. Los cerramientos son indispensables en la mayor parte de los casos para conducir a los animales a los accesos del paso.

Plantaciones

- Se realizarán plantaciones en las proximidades de los accesos, formando franjas de arbustos paralelas al vallado perimetral para conducir a los animales hacia las entradas de las estructuras, ofreciéndoles refugio y protección frente a la luz y el ruido generados por el tráfico.
- También se realizarán plantaciones en franjas oblicuas o perpendiculares a la infraestructura que conecten la vegetación de los accesos al paso con la de los hábitats adyacentes.
- En los sectores centrales se mantendrá una zona con menor densidad de vegetación, o sólo con vegetación herbácea, con el objetivo de que los animales perciban con claridad el acceso al paso y no se muestren reticentes a entrar en él.
- Para las plantaciones se utilizarán siempre especies autóctonas, propias de las comunidades vegetales del entorno, y que tengan bajos requerimientos hídricos y de mantenimiento. La plantación de arbustos que produzcan frutos comestibles puede facilitar la atracción de algunas especies hacia las proximidades del paso.

Cerramientos

- Deberá escogerse, en cada caso, el tipo de cerramiento más adecuado en función de las especies a las que se pretenda orientar hacia los pasos de fauna (ver fichas 13 y 14).
- La probabilidad de que un animal localice los accesos a un paso de fauna mejora si los vallados perimetrales se instalan adecuadamente, dispuestos de manera que conduzcan a los animales hacia las entradas de la estructura que les permitirá cruzar la vía.



C. Rosell

- El cerramiento deberá estar bien conectado con las aletas de la estructura destinada al paso de fauna, de manera que no queden espacios por donde los animales puedan acceder a las plataformas de circulación de vehículos.
- En sectores de vías de alta intensidad de tránsito que discurren sobre terraplenes con pasos inferiores destinados a la fauna, es recomendable la instalación de pantallas opacas en la parte superior de los taludes, para atenuar las perturbaciones que el tráfico genera en los accesos (ver fichas 6 y 7).

Acondicionamiento del terreno

- La morfología de los accesos se adaptará a la topografía del terreno, favoreciendo la integración del paso en su entorno y facilitando una óptima conexión con los taludes y los terrenos adyacentes.
- Se deberá evitar la presencia de obstáculos en las entradas de los pasos que dificulten los movimientos de los animales.
- La restauración y acondicionamiento de accesos se realizará contando con toda la franja de expropiación asociada a la infraestructura. En algunos casos, como en grandes ecoductos o pasos específicos para la fauna, se deberá prever la expropiación de una superficie de terreno superior a la del dominio público de la vía.
- En los pasos específicos para la fauna en los que exista el riesgo de acceso incontrolado de vehículos, se instalarán elementos que dificulten la circulación motorizada en las entradas del paso, como grandes bloques de piedra distribuidos de manera heterogénea y sin que obstaculicen el paso de fauna.
- La creación de pequeñas balsas en las proximidades de los accesos al paso es un recurso aplicado para atraer a la fauna hacia ese punto. No obstante, es

poco viable en zonas de clima mediterráneo o continental con períodos de considerable aridez.

Mantenimiento

- Durante los primeros años después de realizar las plantaciones deben programarse riegos periódicos y proceder a la reposición de los ejemplares que puedan resultar dañados o que no sobrevivan.
- Se requieren siegas periódicas de la vegetación para mantener el diseño inicial de la zona restaurada y evitar la progresión de comunidades arbustivas o arbóreas. También son necesarios los desbroces en las entradas de los pasos en los que advierta un excesivo desarrollo de la biomasa vegetal, y especialmente en los drenajes que ven dificultado su uso por la fauna debido al desarrollo de zarzas (*Rubus* sp.) u otras especies.



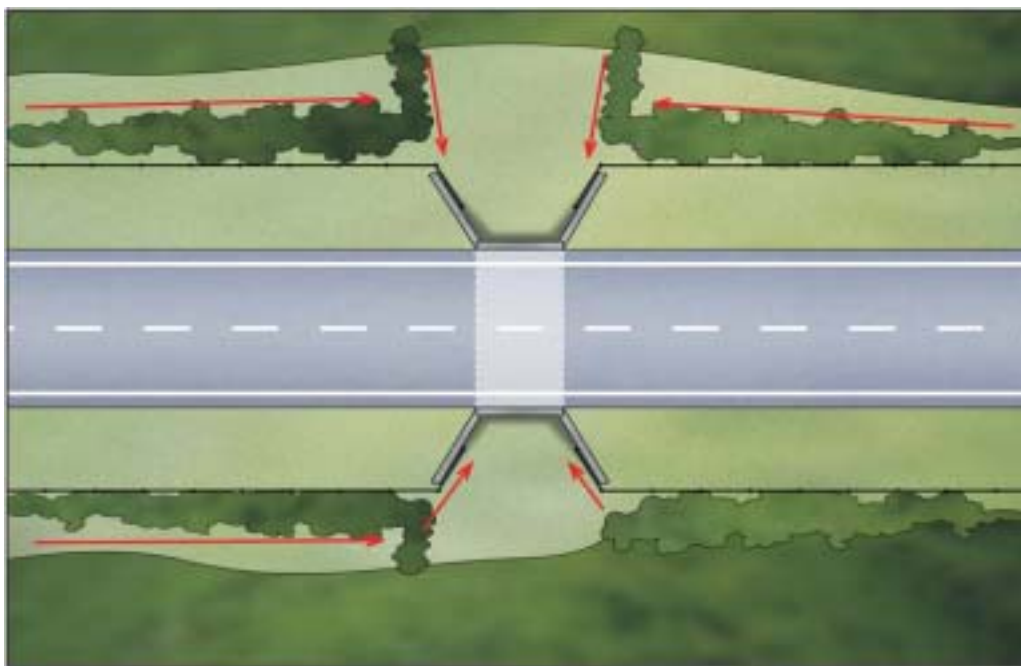


Figura 12.1 – Esquema de distribución de las plantaciones en los accesos a los pasos de fauna.



Figura 12.2 – Acondicionamiento de accesos de un ecoducto que combina motas de tierra e hileras de ramas que facilitan refugios y conducen a los animales hacia la estructura. Las balsas también tienen la función de atraer a la fauna. Foto: H. Bekker.



Figura 12.3 – Vegetación de accesos de un paso multifuncional, que facilita refugio a los animales. Foto: Minuartia.



Figura 12.4 – Correcta instalación del cerramiento perimetral. Foto: F. Navàs.



Figura 12.5 – Accesos a un paso inferior con revegetaciones e hileras de ramas. Foto: P. Robles.

Malas prácticas y errores más frecuentes



Figura 12.6 – Instalación incorrecta del cerramiento perimetral. Foto: M. Fernández Bou.



Figura 12.7 – Accesos obstruidos por movimientos de tierras destinados al paso de un gasoducto. Foto: F. Navàs.



Especies de referencia

- Ungulados y grandes carnívoros. Si la malla está correctamente instalada y es suficientemente densa en la base, también impedirá el paso de carnívoros de talla media, como el zorro o el tejón.
- Para las especies de menor tamaño son necesarios refuerzos y estos también son recomendables para garantizar la efectividad del cerramiento cuando se trate de evitar atropellos de especies de alto interés de conservación, como la nutria (ver ficha 14).

Características y prescripciones básicas

- La instalación de un cerramiento perimetral permite reducir la mortalidad de fauna por atropello y aumentar la seguridad vial, disminuyendo el riesgo de accidentes causados por colisiones con fauna silvestre. Sin embargo, es imprescindible combinar el cerramiento con pasos de fauna ya que, de otro modo, se incrementa el efecto barrera de la infraestructura.
- El cerramiento debe tener una doble función: evitar el acceso de los animales a las plataformas de circulación de vehículos y dirigirlos hacia los pasos de fauna. Esta función de guía se ve favorecida porque muchas especies se desplazan siguiendo la valla cuando esta se interpone en su trayectoria, hasta localizar un punto para cruzar.
- En general, se recomienda instalar un cerramiento continuo en todas las vías cuya intensidad de tráfico supere los 25.000 vehículos/día, aunque la decisión de optar, o no, por la instalación de un cerramiento requiere de un análisis particular de cada situación y de los usos del suelo en los terrenos adyacentes a la vía.

Cerramientos discontinuos

- En vías cuya intensidad de tráfico es inferior a 25.000 vehículos/día, la instalación de cerramiento sólo es recomendable en tramos especialmente conflictivos. No obstante, para evitar que estos vallados discontinuos generen una alta concentración de colisiones o atropellos al final del tramo vallado, el cerramiento deberá conducir a los animales hacia pasos de fauna o puntos de cruce seguros (viaductos, túneles, pasos inferiores o superiores, etc.). Es particularmente importante que los extremos del tramo vallado conduzcan directamente a una de estas estructuras.
- En caso de que la prescripción anterior no sea viable, el cerramiento cubrirá toda la extensión del tra-



R. Campeny

mo conflictivo y un mínimo de 500 m a cada lado, finalizando en sectores de trazado rectilíneo, con óptima visibilidad para el conductor, y en los que se instalará señalización de advertencia reforzada (ver ficha 17).

- Se acondicionarán también sistemas de escape para que los animales que hayan podido quedar atrapados en el interior del cerramiento puedan retornar a los hábitats del entorno (ver ficha 15).

Tipo de malla e instalación del cerramiento

- El cerramiento se realizará preferiblemente con malla anudada rectangular de alambre galvanizado y de densidad progresiva, o con malla de torsión. Los postes de tensión serán de acero galvanizado.
- La instalación de la malla se realizará ajustándola completamente a la base del terreno, sin que queden orificios o puntos vulnerables por los que los animales puedan penetrar en la vía. Es preferible enterrar la base de la malla y ello es indispensable para garantizar la efectividad del cerramiento en zonas con abundancia de jabalí.
- En los puntos de unión del cerramiento con los accesos a pasos de fauna, viaductos, etc., los postes de sujeción de las mallas debe estar correctamente aplicados a las aletas o a los estribos de las estructuras (ver ficha 12).
- Los puntos en los que se produce la intersección del cerramiento con una cuneta de drenaje perimetral son particularmente difíciles de resolver. Una de las opciones consiste en instalar una porción de malla complementaria que se ajuste completamente a la base de la cuneta.

Refuerzos en cerramientos existentes

- En sectores en los que se produzcan levantamientos de la malla existente, es posible corregir los problemas instalando refuerzos en la base del cerramiento (ver ficha 14). Si el jabalí es la especie causante del problema, puede aplicarse un refuerzo específico para esta especie consistente en la instalación de malla electrosoldada, rígida, con rectángulos de 5 cm de ancho por 30 cm de alto. Esta malla se enterrará en su base o se hincará en el suelo mediante púas constituidas por los propios elementos verticales de la malla, y tendrá una altura de 40 – 50 cm por encima del nivel del terreno
- Los refuerzos se colocarán por la parte exterior del cerramiento y se anclarán a la malla existente.

Prevención de la entrada de animales por caminos de acceso a carreteras convencionales

- En los tramos vallados en carreteras convencionales se producen incorporaciones de caminos por los que los animales pueden penetrar en la vía. Los llamados pasos canadienses son una posible solución. Estas estructuras, que normalmente se utilizan para evitar la salida de ganado en fincas cercadas, consisten en una fosa transversal al camino de unos 30 cm de profundidad, cubierta con rejillas o barras metálicas. La longitud de la fosa variará en función de las especies de ungulados presentes en la zona pero, en todo caso, se recomienda un mínimo de 2 m. No deben quedar espacios que permitan el paso de animales entre el final del cerramiento y el paso canadiense. Para permitir la salida de los animales de pequeño tamaño que caen en las fosas, las paredes de sus extremos laterales debe estar construidas con una pendiente de 30° (o de hasta 45° como máximo) y presentar una superficie rugosa.
- Como alternativa a los pasos canadienses, en accesos de caminos a fincas privadas con poco tránsito, se puede optar por la instalación de puertas, adecuadamente instaladas dando continuidad al cerramiento, y de la misma altura que este.

Dimensiones

- La altura recomendada de la valla y la distancia entre los postes varían en función de las especies a las que va destinado el cerramiento y según se indica a continuación.

Especies presentes en la zona	Jabalí	Corzo gamo	Ciervo,
Altura mínima sobre el terreno (m)	1,60-1,80	1,60-1,80	2,20
Separación entre postes de sujeción (m)	2-4	4-6	4-6

- El tipo de cerramiento que se recomienda en general es de 2,00 m, de los cuales, 1,80 m se encuentra por encima del nivel del terreno y los 20 cm iniciales enterrados. Este cerramiento es adecuado para jabalí, especie que tiene una distribución muy amplia y con poblaciones que alcanzan altas densidades.
- La distancia entre los hilos verticales de la malla anudada será de 15 cm, y la distancia entre los horizontales aumentará progresivamente, desde 5-15 cm en la parte inferior, hasta 15-20 cm en la superior.

Posibles variaciones a la propuesta base

- Para prolongar la altura del cerramiento, especialmente en zonas con ciervo o gamo, pueden colocarse dos hilos de acero galvanizado en su parte superior. El poste de tensión formará ángulo hacia el exterior de la vía en este extremo, con el objetivo de dificultar aún más los intentos de salto de algunas especies.

Mantenimiento

- El control periódico del cerramiento es imprescindible para detectar y resolver posibles deficiencias. Los defectos más habituales son los provocados por los intentos de los animales de pasar por debajo la malla y los desajustes entre la base de la malla y el terreno. El primer año después de la instalación del cerramiento se recomienda realizar una inspección cada tres meses y, posteriormente, al menos una vez al año.

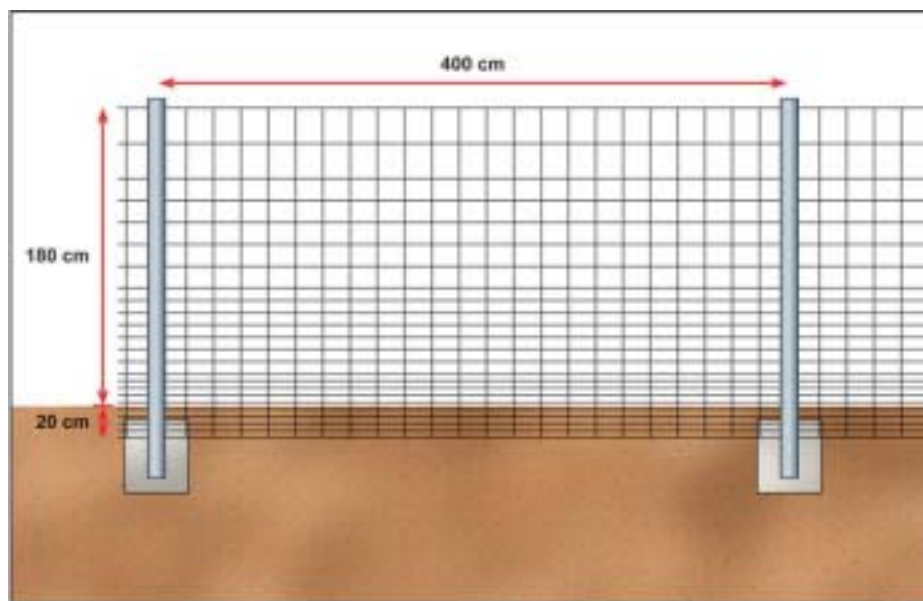


Figura 13.1 – Esquema general del cerramiento perimetral para grandes mamíferos.



Figura 13.2 – Instalación del cerramiento en la base de un terraplén. Foto: F. Navàs.



Figura 13.3 – El cerramiento conduce los movimientos de los animales hasta localizar los pasos. Foto: C. Rosell.

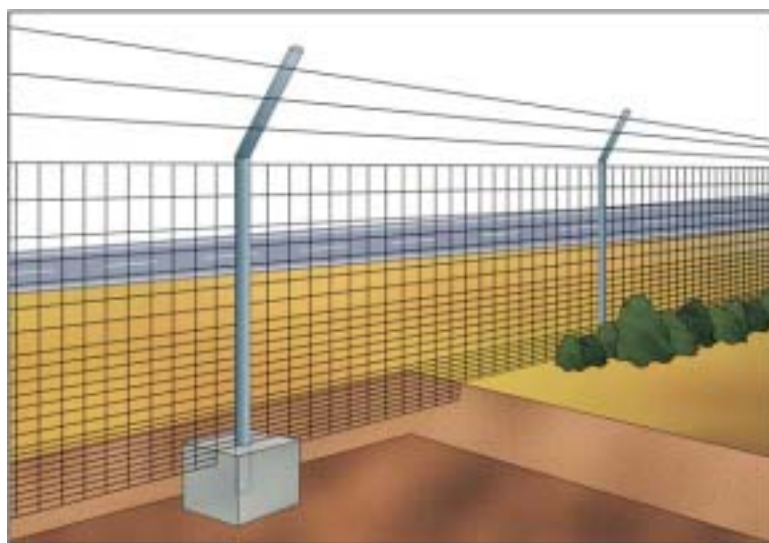


Figura 13.4 – El cerramiento puede prolongarse mediante postes terminados en ángulo hacia el exterior y alambres de acero galvanizado. Siempre es preferible que la base de la malla esté enterrada.



Figura 13.5 – Refuerzo para jabalí en un tramo del vallado especialmente conflictivo. Foto: C. Rosell.



Figura 13.6 – Detalle del refuerzo de malla electrosoldada. Foto: C. Rosell.



Figura 13.7 – Paso canadiense. Foto: C. Rosell.

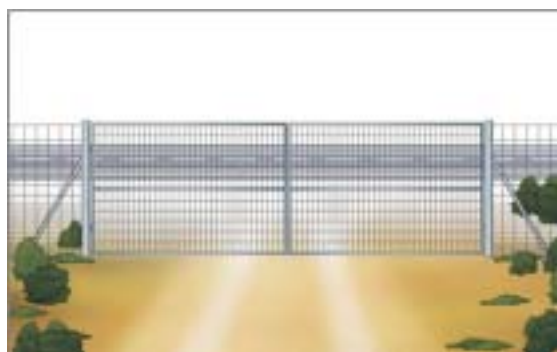


Figura 13.8 – Puerta de acceso a una finca privada.

Malas prácticas y errores más frecuentes

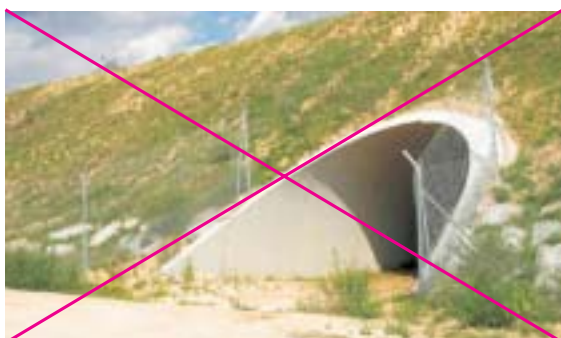


Figura 13.9 – La malla debe conducir al paso sin dejar zonas abiertas de acceso al talud. Foto: C. Rosell.



Figura 13.10 – Malla sin enterrar que ha sido levantada por los animales. Foto: F. Navàs.



Figura 13.11 – La falta de mantenimiento facilita la entrada de animales en las vías. Foto: F. Navàs.



Figura 13.12 – Ajuste deficiente entre la valla y la aleta del paso. Foto: F. Navàs.



Especies de referencia

- Pequeños y medianos mamíferos (erizos, mustélidos, etc) y algunos reptiles, especialmente las tortugas.
- Los anfibios requieren otro tipo de cerramientos específicos para este grupo (ver ficha 11).

Características y prescripciones básicas

- La malla anudada rectangular que se aplica en cerramientos perimetrales para grandes mamíferos (ver ficha 13) no evita el paso de las especies de menor tamaño, que requieren una malla específica de menor luz. Además, algunas especies son capaces de trepar por la malla y/o de excavar, por lo cual es necesario aplicar cerramientos específicos que impidan o dificulten estas actividades.
- Este tipo de cerramientos son especialmente recomendables en tramos en los que se produzca (o se prevea) una elevada mortalidad de una especie en concreto.
- Los cerramientos para pequeños vertebrados se aplican habitualmente como refuerzos en la base de los destinados a grandes mamíferos. Deberán instalarse en su parte exterior y anclados a la malla convencional.
- La instalación del cerramiento deberá realizarse siempre combinada con pasos de fauna adecuados para las especies a las que vayan destinados.

Tipo de malla e instalación del cerramiento

- El cerramiento se realizará, preferiblemente, con malla electrosoldada rígida, y con postes de tensión de acero galvanizado. Para algunas especies, como la nutria, también pueden aplicarse mallas de torsión, pero son menos recomendables porque se deforman con mayor facilidad.
- La instalación de la malla se realizará enterrando los 20 cm iniciales.
- Es aconsejable doblar la parte superior de la malla, en sus últimos 5 cm, hacia el exterior, formando un ángulo de 45°, con el objetivo de evitar que los animales que intenten trepar puedan superar el obstáculo.
- En los puntos de unión del cerramiento con los accesos a pasos de fauna, viaductos, etc., los postes de sujeción de las mallas debe estar correctamente aplicados a las aletas o a los estribos de las estructuras (ver ficha 12).



C. Rosell

- Los puntos en los que se produce la intersección del cerramiento con una cuneta de drenaje perimetral son particularmente difíciles de resolver. Una de las opciones consiste en instalar una porción de malla complementaria que se ajuste completamente a la base de la cuneta.

Dimensiones

- La altura estándar de la malla será de 60 cm por encima del nivel del terreno. Esta altura puede ajustarse en función de las especies a las que vaya destinado el cerramiento; para tortugas es suficiente con 40 cm.
- Los 20 cm de la base se enterrarán en el terreno.
- La luz estándar de la malla será de 2x2 cm, aunque puede adaptarse, a criterio de un experto, en función de la especie concreta a la cual vaya destinado el cerramiento.

Recomendaciones específicas para algunos grupos taxonómicos

- Algunos animales son especialmente difíciles de contener con los cerramientos, en particular, dos carnívoros, el visón europeo y el lince ibérico, ambos calificados como especies 'En peligro de extinción' y cuya conservación es prioritaria, y también el camaleón. No se han realizado experiencias que permitan establecer que tipos de vallados son realmente efectivos para estas especies y, por ello, es importante contar con el asesoramiento de expertos en la ecología de estas especies para adaptar las recomenda-

ciones generales a cada situación particular. También es importante recordar, una vez más, que los cerramientos que se describen deben conducir a los animales hacia pasos de fauna, viaductos o túneles que les permitan franquear la vía.

- En el caso del visón europeo, el problema lo genera su facilidad para trepar, llegando a franquear con este sistema, vallados de más de 2 m de altura. Para esta especie se recomiendan cerramientos de malla electrosoldada de 2x2 cm de luz, de una altura de 100 cm como mínimo y con el extremo terminal formando un ángulo de 45° hacia el exterior de la vía. Con ello se pretende impedir que los individuos que trepen por la malla consigan alcanzar su extremo terminal. La malla estará enterrada en su base para evitar que los desajustes con el terreno puedan dejar aberturas por las que los animales consigan entrar en la vía.
- En el caso del lince ibérico, a la facilidad de trepar se suma su extraordinaria capacidad para el salto. Para esta especie se recomiendan cerramientos de malla de torsión o electrosoldada, que deberán alcanzar una altura de 2,00 m por encima del nivel del terreno. La parte basal estará enterrada, y con el extremo terminal formando un ángulo de 45° hacia el exterior de la vía, como en el caso del visón (ver Figura 13.4).

- El camaleón, un reptil de distribución muy localizada, muestra también una notable capacidad para superar las vallas, sea trepando, o excavando. Los camaleones requieren que el cerramiento, que será de 60 cm de altura, sea de un material completamente liso, ya que pueden trepar por las mallas o por superficies rugosas. Hay que evitar que la vegetación arbustiva o arbórea de los terrenos adyacentes contacte con la valla ya que, de lo contrario, los camaleones podrán trepar por ella y alcanzar la parte superior del cerramiento. Además, es imprescindible que el refuerzo que se instale para esta especie esté enterrado 20 cm por debajo del suelo para evitar que superen la valla excavando.

Mantenimiento

- El control periódico del cerramiento es imprescindible para detectar y resolver posibles deficiencias. Los desperfectos más habituales son los provocados por los intentos de los animales de pasar por debajo la malla y los desajustes entre la base de la malla y el terreno. El primer año después de la instalación del cerramiento se recomienda realizar una inspección cada tres meses y, posteriormente, al menos una vez al año.



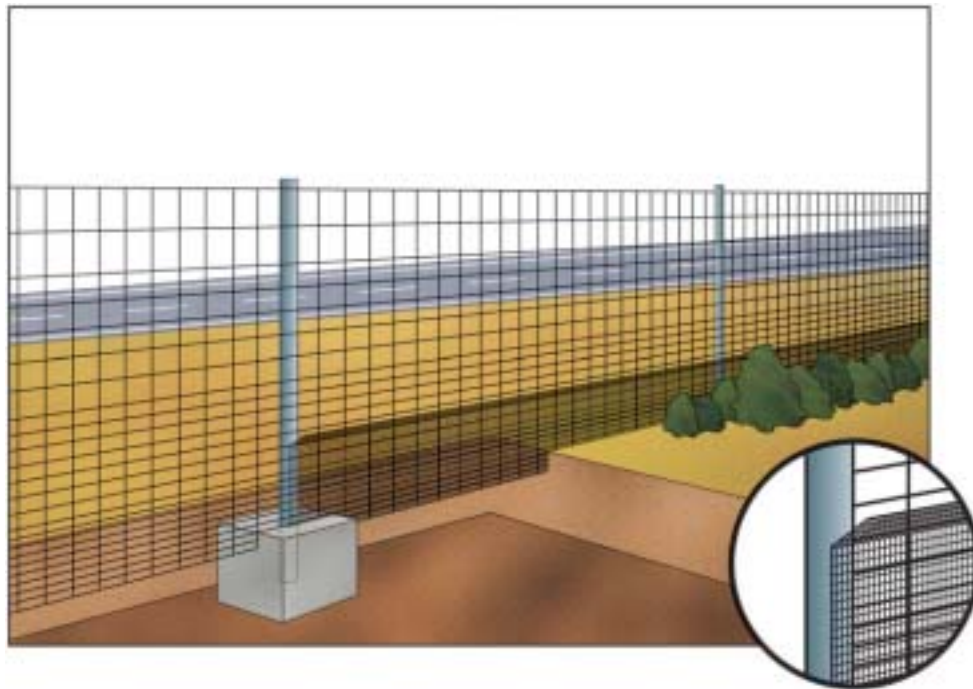


Figura 14.1 – Esquema de instalación de una malla de refuerzo para impedir el paso de pequeños vertebrados, adosada a la base de un cerramiento para grandes mamíferos.



Figura 14.2 – Instalación de un refuerzo en la parte exterior de la malla convencional. Foto: C. Rosell.



Figura 14.3 – Malla que presenta un tramo de mayor densidad en la parte inferior. Foto: F. Navàs.



Figura 14.4 – Refuerzo de un cerramiento instalado para evitar el acceso de tejones y otros carnívoros a la calzada. Foto: C. Rosell.

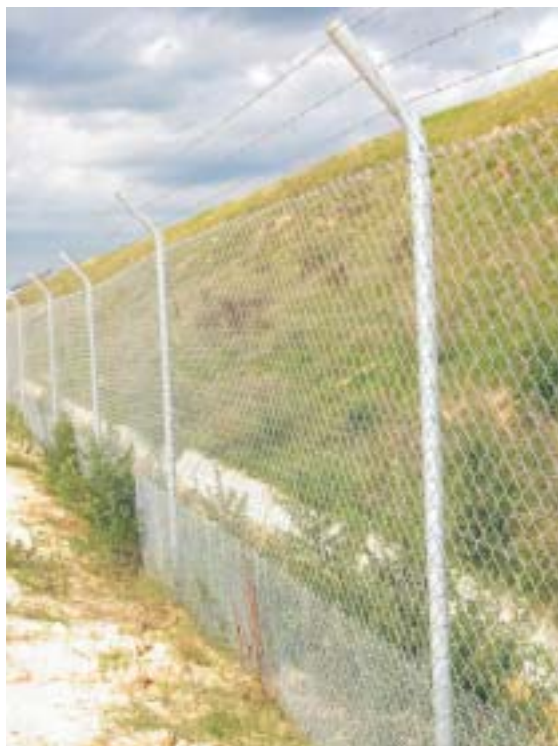


Figura 14.5 – Cerramiento que combina prolongación para impedir el salto de cérvidos y refuerzo basal para pequeños vertebrados. Foto: M. Fernández Bou.



Especies de referencia

- Ungulados, algunos carnívoros u otros taxones.

Características y prescripciones básicas

- Cuando exista un alto riesgo de que los animales queden atrapados en un tramo de carretera con cerramiento (caso probable si éste es discontinuo), deben instalarse sistemas que permitan que estos animales puedan retornar a la parte exterior de la vía.
- Los sistemas más recomendables son simples rampas de tierra, de tocones de árboles u otros elementos. Consisten en la acumulación de materiales adosados en los márgenes de la parte interior del cerramiento, formando una rampa que alcance la altura de la malla. De este modo los animales atrapados que se desplacen por el margen de la vía podrán ascender por las rampas y saltar a la parte exterior.
- Hay otros sistemas de rampas más complejos, pero también más estables, como el que se muestra en las ilustraciones, en los cuales las rampas se construyen a partir de paredes laterales de madera tratada, que se rellenan con tierras y se revegetan.
- Otro método para facilitar el escape de animales encerrados es la instalación de puertas con muelles,



H. Bekker

basculantes, o de otro tipo, que difieren según las especies a las que van destinadas. Las puertas con muelles, que se abren cuando el animal ejerce ligera presión desde el interior, como la que se muestra en las ilustraciones, se utilizan en Holanda para facilitar la salida de tejones atrapados en tramos vallados. También se han experimentado sistemas de puertas para jabalís. No obstante, el uso de estos sistemas de puertas requiere frecuentes labores de mantenimiento, ya que, de lo contrario, pueden quedar permanentemente abiertas, y facilitar el acceso de animales desde el exterior de la vía.



Figura 15.1 – Rampas diseñadas para permitir la salida de corzos desde el interior de un tramo vallado. Foto: C. Rosell.



Figura 15.2 – Otra visión de una de las rampas en la que se aprecia su disposición respecto a la malla de cerramiento. Foto: C. Rosell.



Figura 15.3 – Sistema de escape consistente en tierras que forman una rampa, visto desde el interior de la vía. Foto: H. Bekker.



Figura 15.4 – Puerta de escape para tejón. Foto: Minuartia.

Especies de referencia

- Ungulados especialmente, y también para otras especies de mamíferos.

Características y prescripciones básicas

- Esta medida será de aplicación en tramos de carreteras convencionales que no cuenten con cerramiento perimetral y en los que se detecte una alta incidencia de mortalidad por atropello de determinadas especies. También puede ser una medida paliativa en caso de que se registren colisiones con ungulados, sin llegar a generar un tramo de concentración de accidentes que requiera actuaciones más radicales como instalación de cerramiento perimetral combinado con pasos de fauna.
- La actuación consiste en realizar una gestión de la vegetación de los márgenes de las vías con desbroces y siegas periódicas que permitan mantener una franja de buena visibilidad, tanto para el conductor que podrá percibir la presencia de animales en los márgenes, y eludir la colisión, como para el animal que puede reaccionar ante la aproximación de un vehículo evitando el intento de cruce. En el caso de los animales de menor tamaño, esta medida también se ha revelado efectiva, quizás debido a que el hecho de que la zona adyacente a la vía no tenga una cobertura vegetal densa, y, se muestre desprovista de refugios, impone mayor cautela en el momento de acceder a la calzada y contribuye a facilitar la detección de la aproximación de vehículos.
- En zonas forestales con alta densidad de ungulados (y en los que se haya detectado la problemática de co-



R. Campeny

lisiones con vehículos) se aconseja mantener una franja mínima de 3 m sin cobertura arbórea ni arbustiva.

- En zonas con vegetación herbácea o arbustiva se realizarán siegas y desbroces frecuentes para mantener una altura máxima de la vegetación de 20 cm. Las actuaciones se programarán en función de cuales sean las especies afectadas y los períodos más críticos.
- Esta medida ha sido aplicada en diversos países y los seguimientos realizados (entre ellos una experiencia llevada a cabo en el entorno de Doñana) han puesto de manifiesto que se reduce sensiblemente el número de atropellos, en este caso, de pequeños vertebrados.
- Cuando esta medida se aplique en espacios naturales o en zonas en las que existan comunidades o especies vegetales de alto interés, se requerirá el asesoramiento de expertos para valorar si son adecuados los desbroces o las siegas frecuentes.



Figura 16.1 – Franja deforestada en los bordes de una plantación forestal que favorece la detección de ungulados presentes en los márgenes de la calzada. Esta medida se aplica en ocasiones para facilitar la lucha contra incendios. Foto: C. Rosell.



Figura 16.2 – Las siegas frecuentes permiten mantener márgenes sin refugios para la fauna, y reducir la incidencia de los atropellos de especies amenazadas. Foto: P. Robles.



Figura 16.3 – El desbroce de los márgenes se combina con un refuerzo de señalización de advertencia de peligro por presencia de fauna silvestre. Foto: R. Campeny.

Características y prescripciones básicas

- Se trata de una medida destinada a alertar a los usuarios de la vías de la alta probabilidad de cruce de fauna silvestre por la calzada, y conseguir que reduzcan su velocidad de circulación.
- La señal vertical normalizada que advierte de la probable irrupción de fauna silvestre en la calzada es poco efectiva debido a su profusa utilización en muchísimos tramos de carreteras. Por ello se aplican paneles especiales para reforzar el mensaje de advertencia. Cabe destacar que todas las señales deberán ajustarse a la normativa de señalización y, cuando se utilicen elementos singulares, se requerirá la autorización previa de los organismos competentes.
- En los tramos en los que se haya detectado un alto índice de accidentes causados por colisiones con grandes mamíferos se puede reforzar la señalización de advertencia mediante los siguientes métodos:
 - Añadir señalización de limitación de velocidad.
 - Colocar la señal de advertencia sobre paneles de fondos de color llamativo.
 - Incorporar señales luminosas, preferentemente destellantes.
 - Aplicar señalización horizontal, indicando en el pavimento la entrada en un tramo con alto riesgo de cruce de fauna silvestre.
- En los tramos en los que exista un período de mayor conflictividad por colisión con ungulados (por ejemplo, en la mayor parte de regiones el riesgo de impacto con jabalí aumenta de manera muy notable en los meses de otoño, y especialmente entre octubre y diciembre), se podrá optar por instalar o reforzar las señales de advertencia sólo en estos períodos. De este modo se consigue aumentar la efectividad del mensaje y alertar a los conductores no habituados a su presencia.



M. Fernández Bou

Señales con sensores de detección de fauna

- Otro sistema alternativo, con un coste más elevado y no pocas dificultades técnicas para su aplicación, son las señales que emiten destellos luminosos de advertencia de peligro y de limitación de velocidad, activadas mediante sensores de detección de fauna. Estos sensores detectan la aproximación de animales de gran tamaño (cérvidos, osos, etc.) a distancias que pueden alcanzar los 200 m, gracias a las diferencias térmicas entre el cuerpo del animal y su entorno, o por el movimiento.
- La efectividad de estas señales se basa principalmente en que no advierten de un riesgo potencial sino de un peligro real, por la presencia de animales en las proximidades de la calzada.
- Para aumentar su efectividad deberá informarse a los usuarios de las vías mediante paneles informativos del funcionamiento de los dispositivos.
- Una limitación importante para el uso de este sistema es que sólo puede aplicarse en zonas relativamente llanas y con vegetación arbustiva y herbácea, que no interpongan obstáculos entre los animales y los sensores.
- Estos dispositivos requieren mantenimiento y controles periódicos frecuentes.



Figura 17.1 – El mensaje de advertencia se ha destacado mediante un panel llamativo y de grandes dimensiones. Foto: Junta de Castilla y León.



Figura 17.2 – Refuerzo de señalización de advertencia y limitación de velocidad mediante destellos luminosos. Foto: H. Bekker.



Figura 17.3 – La señal incita al conductor a reducir la velocidad recordando la presencia de animales muy vulnerables. Foto: Parque Natural Aiguamolls de l'Empordà.



Figura 17.4 – Señalización que advierte de la posibilidad de cruce de una especie en peligro de extinción. Foto: JM. López Martín.

Especies de referencia

- Ungulados.

Características y prescripciones básicas

- En esta ficha se describen tres sistemas aplicados para prevenir los accidentes causados por colisión con ungulados que se basan en la colocación de estímulos sonoros, olfativos o visuales, destinados a evitar que estos animales crucen las vías de transporte, o para que lo hagan con cautela, alertados por estos sistemas.
- Los seguimientos realizados en este tipo de medidas han mostrado que, con el paso del tiempo, pierden su efectividad debido a la habituación de los animales.
- Estas medidas sólo son aplicables, por tanto, con carácter temporal, mientras se definen otras soluciones cuya efectividad se pueda garantizar a largo plazo.

Dispositivos olfatorios

- Estos sistemas, denominados popularmente “barreras de olor” consisten en la colocación, en ambos lados de la vía, de resinas sintéticas impregnadas con sustancias que desprenden un olor que simula el de humanos o de depredadores de ungulados. Con ello se pretende causar alerta en los animales que se acercan a los márgenes de las calzadas, y facilitar, así, la detección de los vehículos que se aproximen.
- Las resinas se adhieren a estacas dispuestas en hilera, y con una separación de unos 5 m entre ellas, o sobre la vegetación existente en los márgenes de la carretera. Son necesarias dos hileras de resina impregnada de olor, una de ellas situada lo más cerca posible del borde de la carretera y la segunda a 10 m de distancia de la misma.
- Esta medida tiene un alto coste de mantenimiento, ya que el producto debe reponerse cada 3 o 4 meses, y las estacas sufren desperfectos durante las labores de siega de márgenes o por otras causas. La conservación de estas estacas con frecuencia entra en conflicto con las labores de siega de los márgenes o con los trabajos agrícolas, si la segunda hilera se coloca en el interior de campos de cultivo adyacentes a las vías.
- Las experiencias de seguimiento aplicadas en el Estado español ponen de manifiesto que el número de accidentes se reduce durante las primeras aplicaciones del producto. Sin embargo, se ha constatado como con el paso del tiempo los animales se habitúan a la presencia del olor, con lo que después de varias aplicaciones, el sistema pierde efectividad.
- No obstante, se puede considerar la aplicación de esta medida temporalmente, en tramos cortos de carrete-



F. Navàs

ra especialmente conflictivos, y aplicando el producto sólo en los períodos críticos, para evitar que los animales se habitúen a los repelentes.

Dispositivos sonoros

- Son elementos que emiten sonidos que ahuyentan a los cérvidos y al jabalí, especies a las que se dirige habitualmente esta medida.
- Se han experimentado distintos tipos de sonidos o ultrasonidos, y también con distintos sistemas emisores. En algunos casos estos se disponen sobre estacas en el borde de las carreteras, y en otros se adhieren en los propios vehículos.
- Se desaconseja la aplicación de esta medida por que los seguimientos realizados en algunos países en los que se ha ensayado, Francia concretamente, han mostrado que no es efectiva a medio plazo. No obstante, se sigue investigando en este campo y quizás en un futuro estén disponibles sistemas más efectivos que los actuales.

Reflectores

- Consisten en materiales reflectantes instalados sobre postes, que reflejan la luz de los faros de los vehículos proyectándola hacia los hábitats del entorno de la vía. Con ello se pretende alertar a los animales que se desplazan por estos ambientes y evitar que se acerquen a la carretera. Cabe destacar, por tanto, que los reflectores solo se activan en los períodos del día en los que los vehículos circulan con los faros encendidos.
- El uso de reflectores está bastante extendido porque tienen un bajo coste y son fáciles de colocar. No obstante, los numerosos seguimientos llevados en cabo en diversos países ponen en evidencia de que los animales se acostumbran a su presencia y pierden su efectividad a medio plazo.
- Los reflectores requieren labores de mantenimiento frecuentes y su conservación plantea problemas para la siega de márgenes.



Figura 18.1 – Estaca con resina sintética impregnada de un concentrado de olor y disposición de las dos hileras de estacas en el margen de la carretera. La conservación de estos elementos plantea conflictos con las tareas de siega de márgenes o con las labores agrícolas y la efectividad de esta medida es temporal. Fotos: F. Navàs.



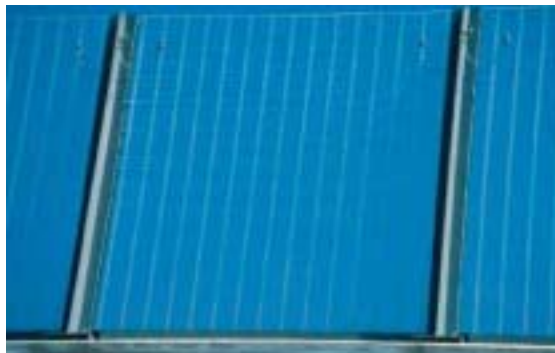
Figura 18.2 – Existen diversos modelos de reflectores utilizados para proyectar las luces de los faros hacia el entorno de la vía. Estos sistemas requieren tareas frecuentes de mantenimiento y su efectividad es temporal. Fotos: C. Rosell, J.M. Velasco.

Especies de referencia

- Aves.

Características y prescripciones básicas

- En las pantallas acústicas transparentes instaladas en los márgenes de las vías, se produce mortalidad de aves que colisionan con la pantalla al no percatarse de su presencia. Para prevenir este conflicto será preferible optar, siempre que sea viable, por la instalación de pantallas opacas.
- Este conflicto aparece con mayor frecuencia en pantallas situadas en márgenes de puentes y viaductos, ya que muchas aves vuelan siguiendo la trayectoria de los cursos fluviales.
- Para evitar este problema se recomienda recubrir las pantallas transparentes con franjas verticales de 2 cm de ancho y con una separación entre ellas de 10 cm, o bien 1 cm de ancho y una distancia entre ellas de 5 cm. Las marcas serán de color claro para ser más fácilmente visibles durante el crepúsculo y el amanecer,



H. Schmid

períodos que coinciden con una mayor intensidad de desplazamientos de aves.

- Las franjas verticales pueden colocarse fácilmente mediante adhesivos, para reducir los conflictos generados por pantallas ya instaladas.
- La colocación de adhesivos de siluetas de rapaces no es un sistema efectivo para obligar a desviar la trayectoria de las aves, a no ser que la densidad de siluetas sea muy alta.



Figura 19.1 – Señalización de una pantalla acústica transparente a la que se han añadido bandas verticales para reducir el número de colisiones de aves. Foto: F. Navàs.

Malas prácticas y errores más frecuentes



Figura 19.2 – Pantalla transparente con siluetas de rapaces que no son efectivas para impedir las colisiones de aves. Foto: F. Navàs.

Especies de referencia

- Pequeños mamíferos, reptiles, anfibios.

Arquetas y sifones

- Las arquetas, sifones y otras estructuras asociadas a la red de drenaje perimetral o transversal, dificultan los movimientos de las especies de pequeñas dimensiones. Además, pueden ser una trampa para los animales que quedan atrapados en su interior, ya que las rejillas protectoras dejan amplios espacios que permiten la caída de animales de pequeño tamaño que parecen ahogados, o por la imposibilidad de salir de los elementos del sistema de drenaje.
- Para minimizar este impacto deberán adecuarse rampas en uno o más lados de estas estructuras para facilitar la salida de los animales que se encuentren en su interior.
- Las rampas deberán tener una pendiente óptima de 30° y máxima de 45°.
- Las paredes deben ser rugosas para favorecer la posibilidad de que los animales puedan ascender por las rampas. Los enchachados de piedra son especialmente adecuados para el revestimiento de elementos de la red de drenaje, como los bajantes escalonados para evitar la erosión de taludes en salidas de drenajes (ver Ficha 9).

Cunetas y bordillos

- Las cunetas longitudinales que presentan la pared exterior vertical, o con elevada pendiente, no permiten



F. Navàs

que los animales de pequeño tamaño que hayan podido acceder a la calzada se incorporen de nuevo a los terrenos adyacentes. Por ello, se recomienda que las cunetas longitudinales tengan continuidad con el entorno y que, su pared exterior tenga una pendiente de como máximo 45°. De esta manera se paliará el efecto barrera que de otra forma ejercen las cunetas sobre pequeños animales.

- También los bordillos de los bordes de las carreteras, normalmente verticales, son una trampa mortal para muchos animales, por lo que se deberán adecuar rampas de salida cada 25 m como máximo o, como alternativa, se construirán bordillos en rampa.
- Estas medidas son especialmente importantes en vías que crucen entornos naturales con una alta diversidad faunística, o en los que se prevea algún conflicto con una especie en concreto.

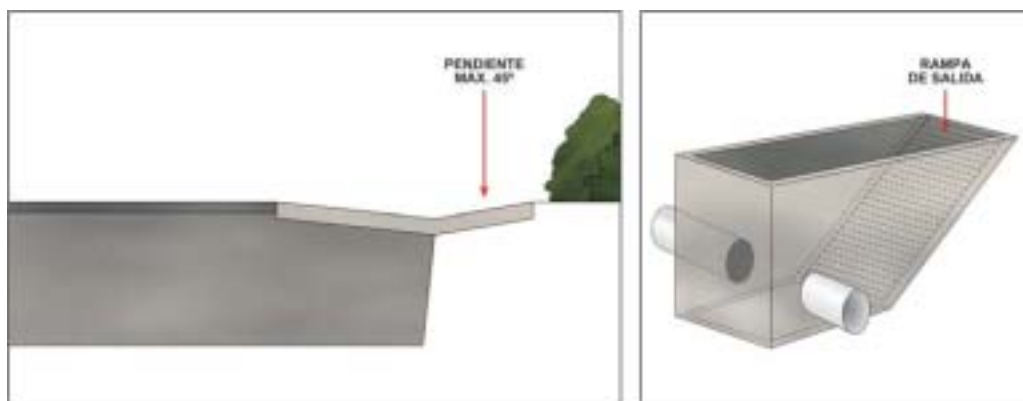


Figura 20.1 – Esquema de una cuneta y de la rampa de salida de arquetas u otros elementos del sistema de drenaje perimetral.



Figura 20.2 – Cuneta que permite un fácil acceso a los márgenes de la vía de los animales que hayan cruzado la calzada. Foto: F. Navàs.



Figura 20.3 – Transición gradual entre la vía y el entorno. Foto: C. Rosell.

Malas prácticas y errores más frecuentes



Figura 20.4 – La pared vertical de la cuneta supone una barrera para los animales pequeños que caen en el interior de la calzada y no pueden salir de ella. Foto: C. Rosell.



Figura 20.5 – Las rejillas protectoras deben ser muy densas para evitar la caída de pequeños animales. Además siempre es preferible que las paredes de las arquetas o pozos se adapten para facilitar la salida de animales. Foto: C. Rosell.

4

Otras fuentes de información

1

Presentación

2

Aspectos generales
y marco de
referencia

3

Catálogo de medidas
y prescripciones
técnicas para su
aplicación

4

Otras fuentes
de información

5

Anexos

- García Molinos, J. & Martínez de Azagra, A. 2004. *Diseño y construcción de pequeñas obras de paso viario compatibles con la migración de los peces*. Universidad de Valladolid. 8 pp. Valladolid.
- Hlavác, V. & Andèl, P. 2002. *On the permeability of roads for wildlife: a handbook*. Agency for Nature Conservation and Landscape Protection of the Czech Republic and EVERNIA s.r.o. 51 pp. Liberec.
- Luell, B., Bekker, H.G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlavác, V., Keller, V., Rosell, C., Sangwine, T., Torslow, N. & Wandall B. 2005. *Fauna y Tráfico. Manual europeo para identificar conflictos y diseñar soluciones*. COST 341. Fragmentación del hábitat causada por las infraestructuras de transporte. Ministerio de Medio Ambiente. 166 pp. Madrid. (Edición en inglés publicada en 2003 por KNNV Publishers).
- Limpens, H.J.G.A., Twisk, P. & Veenbaas G. 2005. *Bats and road construction*. Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering Institute. Society for the Study and Conservation of Mammals. 24 pp. Delft.
- Rosell, C., Alvarez, G., Cahill, S., Campeny, R., Rodríguez, A. & Séiler, A. 2003. COST 341. *La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España*. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. 349 pp. Madrid
- Rosell, C. & Velasco Rivas, J.M. 1999. *Manual de prevenció i correcció dels impactes de les infraestructures viàries sobre la fauna*. Documents dels Quaderns de Medi Ambient, 4. Departament de Medi Ambient. 95pp. Barcelona. (Incluye traducción al castellano).
- SETRA. 2005. *Aménagements et mesures pour la petite faune – Guide technique*. Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes, Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer. 264 pp.
- Trocme, M., Cahill, S., De Vries, H., Farrall, H., Folkesson, L., Fry, G., Hicks, C. & Peymen, J. (Eds.) 2003. *COST 341. Habitat fragmentation due to transportation infrastructure. The European review*. European Commission.
- Velasco, J.M., Yanes, M. y Suárez, F. 1995. *El efecto barrera en vertebrados. Medidas correctoras en las vías de comunicación*. CEDEX Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. 139 pp. Madrid.

Más información en:

Página Web de Ministerio de Medio Ambiente: <http://www.mma.es>.

Web de la organización Infra Eco Network Europe (distribución de los productos elaborados durante el desarrollo de la Acción 341): www.iene.info.

5

Anexos



Presentación



Aspectos generales
y marco de
referencia



Catálogo de medidas
y prescripciones
técnicas para su
aplicación



Otras fuentes
de información



Anexos

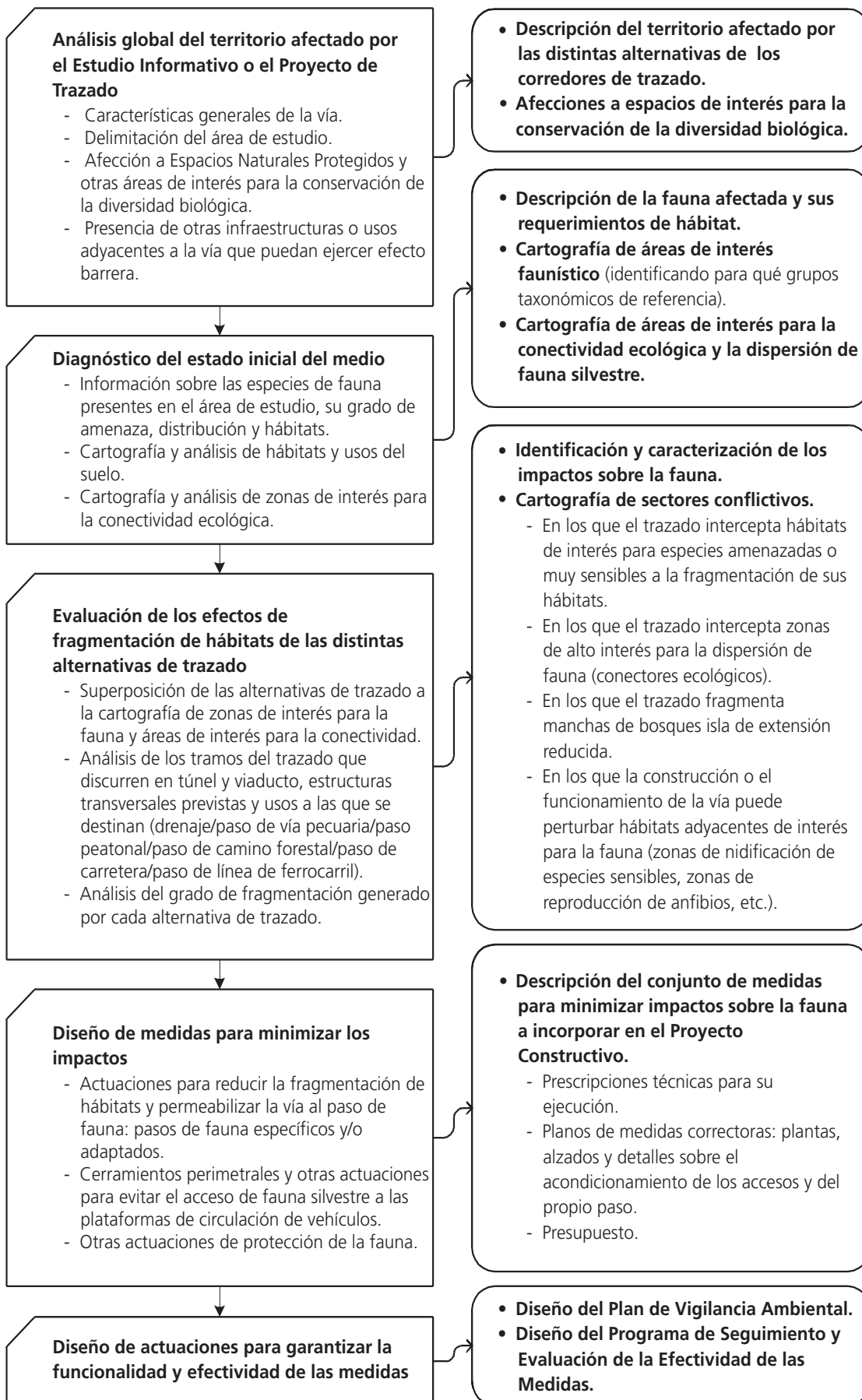
Anexo I: Directrices sobre los estudios a llevar a cabo en la fase de Evaluación de Impacto Ambiental para la reducción de impactos sobre la fauna y sus hábitats

Considerando la información que se requiere para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales, a continuación se indican los contenidos que deberían figurar, como mínimo, en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) que se realizan en base a los Estudios Informativos o los Proyectos de Trazado de nuevas vías.

No se trata de una revisión exhaustiva, más aún, cuando los procedimientos de EIA no son estrictamente coincidentes en las distintas Comunidades Autónomas, y los documentos que se requieren a lo largo del proceso difieren entre ellas. Con esta revisión se pretende únicamente enumerar las distintas informaciones que deben considerarse para minimizar los impactos sobre la fauna y sus hábitats, y reflejar como, a lo largo del proceso, se precisan enfoques distintos, desde el análisis territorial aplicado a las fases iniciales de selección del corredor de trazado, hasta la definición detallada de cada una de las medidas que se aplica en la fase de Proyecto Constructivo, o las actuaciones de mantenimiento y de evaluación de la efectividad de las actuaciones, que se llevarán a cabo durante la etapa de explotación de la vía.

ACTIVIDADES

Información de base/Trabajos a desarrollar



Anexo II: Síntesis de los requerimientos de las distintas especies y grupos taxonómicos de referencia aplicables a la selección del tipo de paso de fauna

Prácticamente todas las especies de fauna silvestre pueden sufrir impactos causados por las infraestructuras viarias. En la fase de Evaluación de Impacto Ambiental es fundamental identificar con detalle las especies más vulnerables, valorar los impactos y definir las medidas destinadas a prevenirlos o reducirlos. En relación con el efecto barrera y la mortalidad causada por la vía, que son el objetivo de este documento los grupos que requerirán más atención son los que se detallarán a continuación, indicando cuales son los aspectos que más condicionan su uso de los pasos de fauna.

La Tabla II.1 sintetiza los requerimientos que se han revelado como especialmente significativos para facilitar o para dificultar el uso de los pasos de fauna por parte de distintos taxones. La información se ha obtenido a partir de seguimientos de estructuras transversales realizados en distintas zonas del Estado español, sin detallar aspectos concretos que pueden ser importantes para algunas especies en particular. En todo caso, siempre que pueda resultar afectada una especie de la fauna silvestre calificada como amenazada, se requerirán análisis complementarios realizados por expertos en la ecología de esta especie, para concretar el diseño de las medidas que se apliquen.

INVERTEBRADOS

Existe una amplia diversidad de grupos taxonómicos incluidos bajo esta denominación pero, en general, se deberá tener en cuenta que todos ellos tienen una estricta asociación a determinados hábitats, y la mayor parte tiene una limitada capacidad de desplazamiento. Aunque las posibilidades de reducción de impactos son muy limitadas, es importante que en la fase de EIA se identifique la presencia de especies endémicas o protegidas y se intenten evitar las afecciones.

La única medida para reducir los impactos que se podrá considerar de manera general (además de la prevención de la destrucción y alteración de hábitats) es

la permeabilización de la vía al paso de invertebrados terrestres a partir de la conexión de los hábitats a los que se encuentren asociadas las especies. Por ello, solamente los viaductos adecuadamente adaptados para favorecer el paso de fauna (**Viaductos adaptados, Ficha 5**), o los grandes ecoductos (**Ecoductos, Ficha 1**), con su superficie revegetada presentando comunidades vegetales similares a las del entorno, pueden facilitar los desplazamientos de algunas especies. Otro tipo de pasos inferiores no permiten la restauración completa de franjas continuas de hábitat en su interior, aunque es posible atraer a determinados insectos y otros invertebrados a estos pasos colocando hileras de tocones de árboles o de rocas que les ofrecen refugios y pueden favorecer su paso de un lado a otro de la vía.

El resto de pasos y medidas descritos en este documento no son aplicables a los invertebrados.

PECES







También se trata de un grupo particular, que solo puede franquear las infraestructuras viarias utilizando los cursos fluviales cruzados mediante viaductos adaptados para facilitar el paso de fauna (**Viaductos adaptados, Ficha 5**), o bien mediante drenajes por los que discurran cursos permanentes y que hayan sido adaptados para su uso (**Drenajes adaptados para peces, Ficha 10**).

ANFIBIOS

Este grupo, que incluye ranas, sapos, salamandras, etc., muestra una elevada sensibilidad a los efectos de las vías de transporte, especialmente a causa del alto número de atropellos. Ello es debido a que muchas especies realizan migraciones a finales de invierno o primavera hacia las charcas, lagunas u otros ambientes acuáticos en los que se reproducen y, posteriormente, retornan a las zonas en las que pasan el resto del año. Las carreteras y ferrocarriles suponen obstáculos para estos desplazamientos masivos, en los que con frecuencia participan centenares de individuos, y causan una gran mortalidad si no se aplican las medidas adecuadas.

Para evitar el acceso de anfibios a las calzadas no son aplicables los cerramientos perimetrales tradicionales y se requieren vallas específicas, de poca altura, pero opacas, que sirven como estructuras que guían a los animales hacia los pasos. Por ello, para reducir los atropellos

Tabla II.1 Variables determinantes en el uso de estructuras acondicionadas como pasos de fauna. Fuente: Adaptado a partir de Rosell & Velasco Rivas (1999).

GRUPO TAXONÓMICO	CONDICIONES QUE INFLUYEN EN EL USO DE UN PASO DE FAUNA	
	FAVORECEN SU USO	DIFICULTAN SU USO
Anfibios 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación adecuada¹. • Presencia de humedad o agua en el interior (sin que cubra toda su anchura) y en las entradas al paso. • Dimensiones amplias (excepto si se trata de pasos específicos con cerramientos de intercepción y guía hacia los pasos). 	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de grandes desmontes o terraplenes en el sector donde se ubica el paso. • Existencia de escalones o pozos en los accesos del paso.
Reptiles 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustrato natural. • Buen acondicionamiento de la vegetación en las entradas al paso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de grandes desmontes o terraplenes en el sector donde se ubica el paso. • Presencia de agua en el interior y en los accesos del paso.
Pequeños mamíferos 		<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de agua en el interior y en los accesos del paso.
Lagomorfos 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones amplias (mínimo 2 x 2 m). • Buena visibilidad de la boca opuesta de la estructura, desde la entrada al paso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Base de chapa metálica corrugada. • Existencia de escalones o pozos en los accesos del paso.
Carnívoros 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación adecuada¹. • Buen acondicionamiento de la vegetación en los accesos al paso. • Dimensiones amplias (mínimo 2 x 2 m) y buena visibilidad de la boca opuesta de la estructura, desde la entrada al paso (esta variable, según los resultados de seguimientos, sólo es relevante en el caso del zorro). 	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de agua cubriendo toda la base del paso. • Sustrato de chapa metálica corrugada (excepto para ginetas y garduña).
Ungulados 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación adecuada¹. • Dimensiones amplias. • Buen acondicionamiento de la vegetación en los accesos del paso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso al paso a través de rampas pronunciadas (paso situado a diferente nivel que los entornos).

¹ La ubicación del paso es importante para todas las especies. En la tabla se indican únicamente aquellos grupos en los que se ha observado que esta variable tiene una incidencia fundamental para garantizar el uso del paso.

es necesaria una identificación muy concreta de las zonas de reproducción y los tramos en los que los desplazamientos migratorios interceptan las vías de transporte, en los cuales deberán situarse una batería de pasos combinados con cerramientos específicos de guía que obliguen a los individuos a dirigirse hacia ellos (**Pasos para anfibios, Ficha 11**). Teniendo en cuenta la marcada estacionalidad del fenómeno migratorio, también se pueden aplicar medidas temporales, que se describen en la Ficha 11.

REPTILES

Aunque para algunas especies de reptiles, como las salamangueras, los drenajes y otras estructuras transversales a la vía pueden representar un nuevo hábitat, para la mayoría de reptiles (lagartos, camaleones, serpientes, tortugas, etc.) las carreteras constituyen zonas con alto riesgo de mortalidad. Algunas especies muestran rechazo a cruzar las superficies pavimentadas y, por ello, la vía ejerce un efecto barrera para su dis-

persión, mientras que en otros casos se observa que las calzadas ejercen cierta atracción, debido a que la superficie pavimentada tiene una temperatura más elevada que el ambiente circundante en algunos periodos. Las especies que muestran este comportamiento, junto a otras que cruzan las calzadas con extrema lentitud, como los camaleones, pueden ver notablemente afectadas sus poblaciones por la elevada mortalidad causada por atropello.

La localización de tramos conflictivos es difícil de prever, a no ser que se conozca con precisión la distribución de una determinada especie, y las zonas en las que se concentra una mayor densidad. No obstante, es importante contemplar la ejecución de medidas correctoras aplicables en fase de funcionamiento si se detectan puntos especialmente problemáticos.

Los cerramientos perimetrales tradicionales no son adecuados para reptiles, que requieren refuerzos especiales (ver **Ficha 14**). Estos vallados deben estar diseñados de manera que conduzcan a los animales hacia los pasos. No se trata de especies muy exigentes por lo que respecta a las dimensiones de la estructura, pero se ha observado que algunas especies muestran preferencia por pasos con sustrato natural, aunque este efecto no se observa en otras, por ejemplo, en las tortugas terrestres que usan sin dificultades cajones de hormigón. La presencia de agua en la base del paso, en cambio, dificulta su uso por parte de todas las especies. Prácticamente todos los tipos de pasos descritos en este documento, adecuadamente adaptados, pueden ser utilizados para el paso de reptiles.

AVES

Este grupo, por su capacidad de volar, es de los que menos sufren el efecto barrera de las vías, pero aun así, resulta afectado por la mortalidad causada por colisiones con vehículos. Entre los aspectos más conflictivos destacan:

- La mortalidad causada por colisiones con vehículos en los tramos que discurren sobre terraplén, especialmente cuando la vía discurre por un humedal, o cuando la vía cruza un curso fluvial. En este último caso el aumento de mortalidad es debido a que muchas especies vuelan siguiendo estos cursos y elevan su altura de vuelo al alcanzar un viaducto sobre el que discurre la carretera. La corrección de estos impactos requiere de análisis de detalle de cada caso, pero puede abordarse mediante la colocación de pantallas o plantaciones que obliguen a elevar la altura de vuelo de las aves.
- Otro efecto que se ha observado es la mortalidad causada por colisión con pantallas acústicas transparentes. Estas pantallas que se colocan para reducir el ruido causado por el tráfico en los hábitats adyacentes, permitiendo al usuario de la vía la visión del paisaje, no son percibidas por muchas aves que mueren al colisionar contra ellas. La aplicación

de bandas verticales adhesivas es una medida eficaz para prevenir este impacto (ver **Ficha 19**).

- Las perturbaciones por el ruido generado por el tráfico tienen efectos en la presencia de aves en las zonas adyacentes y se ha demostrado que pueden interferir en la reproducción de algunas especies. En tramos que crucen hábitats de especial interés para la nidificación de aves, se deberá considerar la necesidad de instalar pantallas acústicas opacas que reduzcan el nivel sonoro en estos ambientes.
- Finalmente, se constata en algunos tramos una alta mortalidad de aves rapaces que acuden a las vías atraídas por la fuente de alimento que constituyen las poblaciones de pequeños mamíferos, en especial topillos, que colonizan las medianas de las infraestructuras. La aparición de este impacto puede paliarse reduciendo la presencia de elementos que puedan ser utilizados como posaderos para estas aves, o diseñando medianas y taludes inhóspitos para la fauna que eviten la atracción de animales hacia estos puntos con riesgo muy alto de mortalidad. En todo caso, se trata de impactos localizados que requieren del diseño de medidas adaptadas a cada caso particular.

MAMÍFEROS

Los grupos taxonómicos integrados en esta clase presentan una gran diversidad de situaciones frente al impacto de las infraestructuras viarias. Por ello se comentan a continuación las particularidades de cada uno de ellos.

Quirópteros

Aunque la capacidad de vuelo de los murciélagos reduce el efecto barrera de las infraestructuras lineales, este grupo cuenta con numerosas especies amenazadas y debe ser, también, objeto de atención. Entre los impactos que se han observado destaca la instalación de colonias de quirópteros en túneles, y especialmente, en falsos túneles, en los que encuentran refugio entre las separaciones de los distintos arcos que conforman las bóvedas. Estos puntos se detectan por la concentración de un alto número de atropellos en sus alrededores.

Otro aspecto a considerar es la posibilidad de orientar el vuelo de algunas especies de murciélagos para guiarlos hacia túneles o ecoductos por los cuales pueden cruzar las vías sin riesgo de colisión. Las plantaciones de hileras paralelas de árboles en los márgenes de las calzadas ha sido experimentada en Francia y se ha revelado eficaz como sistema de guía de vuelo, ya que algunas especies muestran la costumbre de volar siguiendo estas estructuras lineales.

Otra medida para reducir las colisiones es sustituir las lámparas de mercurio por las de sodio en la ilumi-

nación de las vías, para evitar la atracción de insectos nocturnos que, a su vez, atraerán murciélagos.

Micromamíferos

La mayor parte de insectívoros y roedores son poco sensibles al efecto barrera, por una parte, porque requieren extensiones de hábitat relativamente reducidas y, por otra, porque no muestran especiales requerimientos para utilizar como pasos todo tipo de estructuras transversales (ver Tabla II.1). No obstante, destacan los casos de topillos que colonizan taludes y medianas con vegetación herbácea y, aunque esto suponga pocos riesgos para ellos, comporta, como se ha comentado, la atracción de aves rapaces que si resultan afectadas por el alto riesgo de colisión con vehículos.

También los erizos resultan particularmente afectados por los atropellos en algunos tramos y requieren del diseño de actuaciones específicas para evitar su acceso a las calzadas y obligarles a dirigirse hacia estructuras que puedan ser utilizadas como paso de fauna.

Lagomorfos

Los conejos y liebres se muestran bastante sensibles a los atropellos y se muestran reticentes a utilizar drenajes que no estén completamente secos o pasos de dimensiones muy reducidas. No obstante, el efecto barrera de las vías con alta densidad de tráfico puede ser fácilmente reducido con cerramientos perimetrales que les conduzcan a pasos. Son adecuados tanto los superiores (**Ecoductos, Pasos superiores específicos y multifuncionales, Fichas 1, 2 y 3**) como los inferiores (**Viaductos adaptados, pasos inferiores específicos y multifuncionales, Fichas 5, 6, 7 y 8**). Los drenajes adaptados sólo son aplicables si se mantienen secos durante la mayor parte del año.

Carnívoros

Este grupo incluye especies con requerimientos muy distintos por lo que se refiere al uso de pasos de fauna. Algunas de ellas, como la gineta o la garduña, utilizan todo tipo de estructuras, incluidas las de di-

mensiones muy reducidas e incluso drenajes de chapa de acero corrugado. Otros, como el tejón o el turón, también utilizan todo tipo de tubos, incluso los de diámetro inferior a 1 m. No obstante, los zorros requieren de mayores dimensiones, como los lince, estos últimos muy propensos a pasar directamente por las calzadas, inclusive saltando los vallados perimetrales. Finalmente, también incluye especies como el oso, que requieren de grandes pasos, preferentemente específicos para la fauna. En todos los casos, los pasos que se inundan no son adecuados, aunque la lámina de agua sea muy poco profunda. Incluso los carnívoros semi-acuáticos, como la nutria requieren que el paso disponga de franjas laterales secas para facilitar su paso.

Ungulados

Este grupo, que incluye el jabalí, los cérvidos (corzo, gamo y ciervo) y los bóvidos (muflón, rebeco y cabra montés), es de los que centran mayor atención, no solo por su sensibilidad a la fragmentación de hábitats, ya que requieren extensas áreas de campeo, sino por los graves problemas de seguridad vial que están causando las colisiones de vehículos con ungulados. Este conflicto se ha acentuado notablemente durante los últimos años debido, por una parte, a la expansión, demográfica y geográfica, que muestran muchas de estas especies, y por otra, debido al aumento de la extensión de la red viaria, de las intensidades de tránsito y de la velocidad de circulación de los vehículos.

El acceso de estas especies a las carreteras y ferrocarriles se puede contener mediante cerramientos perimetrales adecuados (ver **Ficha 13**) que dirijan a los animales hacia pasos que cumplan sus requerimientos. Cabe destacar que estas especies requieren de estructuras de grandes dimensiones, que pueden ser tanto superiores **Ecoductos, Pasos superiores específicos y multifuncionales, Fichas 1, 2 y 3**) como inferiores (**Viaductos adaptados, pasos inferiores específicos y multifuncionales, Fichas 5, 6 y 7**) a las vías. El resto de pasos descritos en el documento no son aplicables a este grupo.



PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE PASOS DE FAUNA Y VALLADOS PERIMETRALES es el primer número de la serie *Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte*. A partir de la participación en el proyecto europeo COST 341 se constituyó un Grupo de Trabajo de Fragmentación de Hábitats causada por Infraestructuras de Transporte, coordinado por la Dirección General para la Biodiversidad, del Ministerio de Medio Ambiente, y que integra representantes de las administraciones de Transporte y de Medio Ambiente de todas las Comunidades Autónomas, y del Estado. Dicho Grupo acordó la redacción de este documento que, a partir de las directrices del manual europeo FAUNA Y TRÁFICO, elaborado en el proyecto COST 341, concreta las prescripciones técnicas a aplicar en el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales, indicando mínimos de obligado cumplimiento para garantizar su efectividad, así como recomendaciones para optimizar su funcionamiento.

Este documento se aporta como una referencia básica para ser adoptado por las distintas administraciones autonómicas y del Estado, y con la voluntad de que constituya una propuesta de norma a homologar.