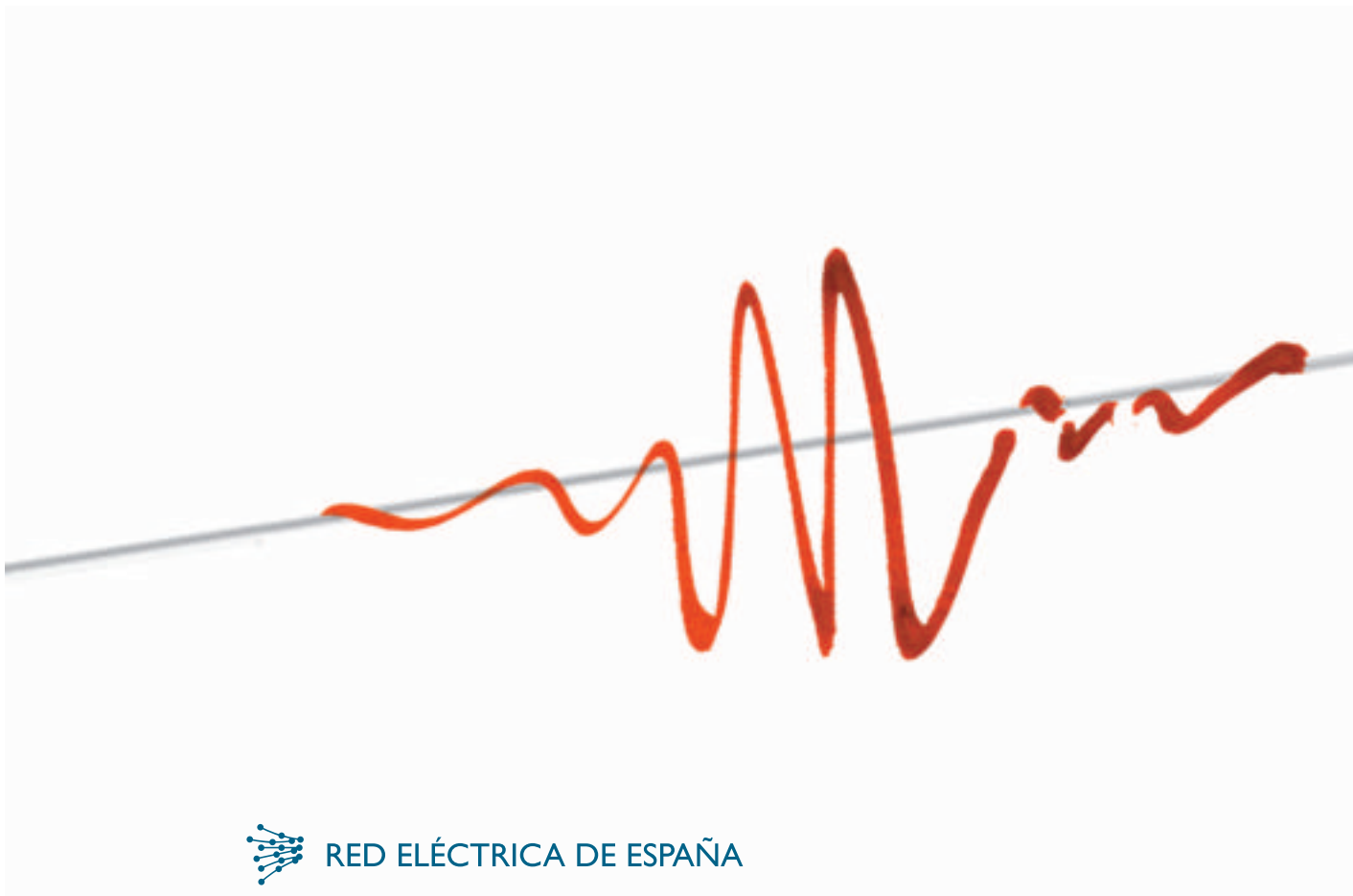




Red Eléctrica y la avifauna:
15 años de investigación aplicada



RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA



Red Eléctrica y la avifauna:
15 años de investigación aplicada

Agradecimiento:

A todas las personas que han participado en los estudios de investigación incluidos en esta publicación y que llevan colaborando, día a día, durante más de 15 años con Red Eléctrica en la conservación de las aves y la protección del medio ambiente.

ÍNDICE

	<i>página</i>
Introducción	5
1. La colisión de las aves con los tendidos eléctricos	7
1.1. Estudio de la problemática	7
1.2. Identificación preventiva de la incidencia	8
1.3. Reducción de la mortalidad por colisión	10
1.3.1. Marcadores de los cables	10
1.3.2. Siluetas de aves rapaces instaladas en los apoyos	12
2. Incidencia de la nidificación en la red de transporte	15
2.1. La nidificación de aves sobre apoyos de líneas eléctricas	15
2.1.1. Nidificación de cigüeñas y córvidos en apoyos de líneas eléctricas	16
2.1.2. Uso de nidos artificiales por halcones	27
2.2. La nidificación de aves en subestaciones eléctricas	29
3. Líneas actuales de investigación	32
4. Referencias bibliográficas	34



INTRODUCCIÓN

Red Eléctrica de España viene desarrollando desde hace más de 15 años un extenso programa de actuaciones en el campo del estudio de las interacciones entre las aves y las instalaciones de transporte de energía eléctrica, tratando de minimizar la incidencia de estas instalaciones sobre la avifauna y de favorecer la compatibilidad de su uso.

Con la presente publicación se pretende dar mayor difusión a los diferentes estudios de investigación aplicada, realizados por Red Eléctrica y desarrollados, muchos de ellos, en colaboración con administraciones públicas y organismos de reconocido prestigio.

Los estudios han tratado temas tan amplios como la incidencia de la colisión de las aves con los tendidos eléctricos, el desarrollo de sistemas de señalización del cable de tierra y la evaluación de su eficacia, la instalación de nidos artificiales para cigüeñas y disuasores de la nidificación y el uso que hacen de las líneas y subestaciones eléctricas determinadas especies de aves.

Todos estos años de activa y continua investigación llevada a cabo con el objetivo de evitar o minimizar las posibles interacciones negativas entre las infraestructuras eléctricas y las aves, ponen de manifiesto la fuerte implicación y el compromiso que mantiene Red Eléctrica con la conservación y protección de la avifauna.

En los siguientes capítulos se presentan los avances que han supuesto los estudios de investigación, así como los resultados o las conclusiones más relevantes que se derivan de ellos.



“Evitar o reducir las interacciones negativas de las instalaciones eléctricas con la avifauna es una prioridad ambiental para Red Eléctrica”





1. LA COLISIÓN DE LAS AVES CON LOS TENDIDOS ELÉCTRICOS

1.1 Estudio de la problemática

Quizás la interacción más conocida entre las aves y los tendidos eléctricos es la colisión de éstas con los conductores o cables de tierra. La colisión tiene lugar porque las aves en vuelo no ven los cables o no los detectan a tiempo, o bien porque no los identifican como obstáculos insalvables. La colisión se registra en todo tipo de líneas: en las de media-baja tensión o de distribución contra los conductores, que suelen ser de poco grosor (estas líneas carecen de cable de tierra); y en las de transporte en las que la colisión principalmente ocurre contra el cable de tierra por tener un menor diámetro que los conductores y, por lo tanto, ser menos visible.

En 1989 Red Eléctrica comienza la investigación de esta problemática a través de la recopilación y el posterior análisis de la bibliografía existente a nivel mundial sobre la incidencia de las líneas de transporte de energía eléctrica en la avifauna y el paisaje.

Las conclusiones del análisis dan lugar en el mismo año al primer estudio llevado a cabo en España sobre la colisión de aves con los tendidos eléctricos. Para ello, se instalan espirales salvapájaros naranjas en 4 tramos de la línea eléctrica a 400 kV Valdecaballeros-Guillena, en un total de 28 km. La señalización se realiza en el paso de la línea por los embalses de García Sola y Orellana y la Sierra de Pela y las áreas de La Coronada y de Ahillones, en las provincias de Cáceres y Badajoz. Con este estudio se demuestra la efectividad de la medida utilizada, ya que se observa una disminución en la frecuencia del vuelo en los vanos señalizados de un 61% y una reducción significativa de las colisiones en torno al 60%, alcanzando una efectividad de hasta el 75% sobre las especies protegidas.

Entre los años 1991 y 1995 Red Eléctrica participó en el ambicioso proyecto de análisis de los impactos de las líneas eléctricas sobre la avifauna en espacios naturales protegidos [dentro del Programa de Investigación Electrotécnico (PIE)]. Con este proyecto, en el que colaboraron también otras compañías del sector y que fue diseñado y supervisado por la Estación Biológica de Doñana (CSIC), se consiguió avanzar en el conocimiento de la mortalidad de las aves en los tendidos eléctricos de un modo muy significativo. Además de este proyecto, Red Eléctrica emprendió otros muchos estudios relacionados con el mismo tema, que trataban cuestiones más concretas.





• Zonas de estudio de colisión de las aves con los tendidos eléctricos en el proyecto PIE

8



“La colisión de las aves con los tendidos eléctricos es proporcionalmente baja y está muy localizada espacialmente”



Entre los años 1992 y 1993, en el marco del proyecto PIE, se recorrieron periódicamente más de 30 km de tendidos de las líneas eléctricas de transporte, Valdecaballeros-Almaraz/Morata, Almaraz-Guadame, Foz de Lumbier, Cáceres-Trujillo (Llanos de Cáceres) y una línea de distribución en las Marismas del Odiel (Huelva), localizados en diferentes puntos de Andalucía, Extremadura y Navarra. Se repitieron los mismos recorridos en siete ocasiones para poder estimar la mortalidad en los tramos de estudio e identificar las especies más afectadas y los factores relacionados con ésta. Podemos destacar los siguientes resultados obtenidos:

- > La incidencia global de la mortalidad por colisión sobre la avifauna es proporcionalmente baja y está muy localizada espacialmente. No obstante, en el caso concreto de algunas especies que se encuentran en un estado de conservación especialmente precario su repercusión sobre las poblaciones puede llegar a ser importante.
- > Como regla general, se han identificado como especies más propensas a sufrir accidentes de colisión aquellas que presentan un elevado peso corporal pero una escasa envergadura alar, lo que se traduce en un vuelo de características pesadas con escasa capacidad de maniobra, tales como las anátidas, determinadas especies terrestres (avutardas, sisones, alcaravanes, etc.), algunas zancudas (cigüeñas, grullas, flamencos, etc.) y buitres.
- > El comportamiento gregario y la formación de grandes concentraciones de ejemplares, ya sea con fines reproductivos, en lugares de alimentación o durante los movimientos migratorios, igualmente aumenta el riesgo de accidentes por colisión. Los grupos que pueden manifestar estos comportamientos son las limícolas, las gaviotas, las aves acuáticas y algunas zancudas.
- > La mortalidad por colisión en un tendido viene determinada por las características del hábitat atravesado y por las especies presentes en su entorno, más que por las características técnicas del mismo.
- > La merma de la visibilidad por condiciones atmosféricas adversas (niebla o precipitaciones), por el relieve del terreno o por la vegetación y los tumultos en reacciones de huida, incrementan la probabilidad de los accidentes de colisión con un tendido.

1.2 Identificación preventiva de la incidencia

En relación con la prevención de la colisión de las aves con los tendidos, Red Eléctrica emprendió un estudio pionero en esta área. La especial relevancia omníica del área del Estrecho de Gibraltar hizo que

Red Eléctrica tomara conciencia de que, de no adoptarse las medidas preventivas oportunas, la interferencia entre las aves y la línea que se iba a construir en esta zona podía alcanzar dimensiones preocupantes para algunas especies, así como para el propio mantenimiento de la línea. Por ello, en colaboración con la Estación Biológica de Doñana (CSIC), se impulsó un estudio sobre la avifauna del entorno del futuro trazado de la línea eléctrica a 400 kV Pinar del Rey-Tarifa.

Entre los años 1994 y 1995 se llevaron a cabo muestreos del paso de las aves sobre el entonces futuro trazado de la línea, con el fin de delimitar, a lo largo de éste, los pasillos de migración utilizados por las aves, localizar las áreas de acumulación premigratoria e identificar aquellas de especial interés para la avifauna sedentaria, estival e invernante. Con esta información se pudieron delimitar los tramos de la futura línea eléctrica potencialmente más conflictivos para las aves, para los que se propuso la adopción de medidas preventivas.

Los resultados de este estudio se pueden concretar en los siguientes puntos:

- > Las especies mejor representadas en los muestreos fueron las gaviotas (54,9% del total de ejemplares observados), el buitre leonado (18,2%), el milano negro (10,4%) y la cigüeña blanca (9,6%).
- > El 54% de las observaciones correspondieron a ejemplares de especies típicamente migratorias. Estas fueron observadas, en términos generales, a mayor altitud sobre el trazado, lo que se traduce en una menor frecuencia de vuelo sobre el trazado en situaciones de riesgo.
- > En la futura línea se diferenciaron los tramos de baja, media y elevada incidencia potencial sobre la avifauna, señalando que esta clasificación era resultado de una estimación relativa del riesgo y no de una hipotética siniestralidad de las aves.

Dando continuidad a la actividad de investigación, Red Eléctrica colaboró en 1997 con la Universidad de Barcelona con el objeto de analizar la incidencia de la colisión del águila perdicera con los tendidos eléctricos en Cataluña. Para ello, se evaluó el riesgo de colisión que se deriva de la presencia de tendidos de transporte de energía eléctrica, se estableció la relación existente entre la mortalidad observada en los territorios de nidificación durante los años 1990 y 1997 y la presencia de tendidos de transporte eléctrico de alta tensión, y por último se analizó la vulnerabilidad de la población catalana de águila perdicera frente a este tipo de accidentes, así como el alcance de las medidas correctoras necesarias para evi-





tarlos. Los resultados del estudio no fueron concluyentes dado que en siete años sólo se detectaron 2 colisiones, no existiendo, a priori, relación entre el descenso en la población del águila perdicera en Cataluña y las muertes por colisión.

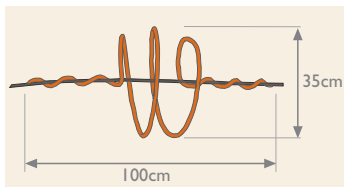
1.3 Reducción de la mortalidad por colisión

1.3.1 Marcadores de los cables

Las medidas correctoras de la incidencia por colisión se basan en su mayoría en dispositivos colocados sobre el cable de tierra o, más raramente, en los conductores (líneas sin cable de tierra) con el objeto de hacer más visibles estos elementos para las aves.

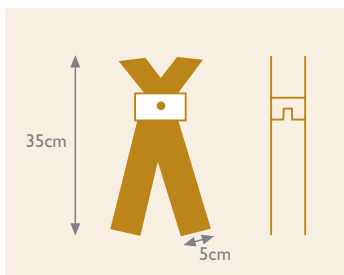
En el marco del ya mencionado proyecto PIE, se estudiaron 3 marcadores o señalizadores de líneas eléctricas con el fin de reducir la incidencia por colisión. Antes de realizar las actuaciones de señalización, se revisaron durante un año (entre 1991 y 1992) diferentes tramos de líneas eléctricas, y se registró la mortalidad causada en los mismos. Posteriormente, se señalizaron 3 tramos de diferentes líneas en vanos alternos, de tal modo que se pudo comparar la mortalidad tanto entre los vanos señalizados y los no señalizados como entre los diferentes años de estudio (antes y después de las actuaciones). El resultado de este estudio se resume a continuación:

10



Salvapájaros

> **Espiral salvapájaros.** Espiral blanca de PVC de 1 m de longitud y con diámetro máximo de 30 cm. Se trataba de una medida que ya tenía una amplia aplicación tanto en España como en otros países. Se eligieron 8 vanos alternos en el inicio de la línea eléctrica a 400 kV Valdecaballeros-Almaraz/Morata (Badajoz), lugar donde se concentra un importante número de grullas en invierno. Las espirales se instalaron al tresbolillo cada 10 m en ambos cables de tierra, produciendo un efecto visual equivalente a una señal cada 5 m. La reducción de la mortalidad que se obtuvo con esta señalización fue del 81%.

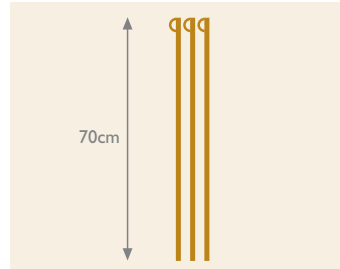


Tiras negras

> **Tiras negras.** Dos tiras negras de neopreno de 5x35 cm cruzadas y sujetas por una grapa de poliuretano con cintas luminiscentes. La medida fue instalada cada 20 m, sobre los conductores exteriores de la línea eléctrica de distribución a 132 kV Cáceres-Trujillo al no tener cable de tierra. Se colocaron de manera alterna a lo largo de 15 vanos (7 vanos marcados) y con disposición al tresbolillo para generar un efecto visual equivalente a una señal cada 10 m. La zona por donde discurre esta línea alberga una importante población reproductora de avutarda.

Con este marcador se obtuvo una reducción significativa de la mortalidad (76%), si bien no en el caso de la avutarda, cuyo número de muertes se mantuvo invariable.

> **Abrazaderas.** Abrazaderas negras de poliamida de 70 cm de longitud y 8 mm de grosor. Éstas fueron instaladas en la fase central, en grupos de 3, cada 15 m, en una línea eléctrica de distribución a 13 kV. Se señalaron 4 vanos alternados con otros 4 sin marcar. Fue el único caso en que no se obtuvieron resultados positivos. Con los datos obtenidos no se pudo confirmar la eficacia de esta medida.



Abrazaderas

Aunque el proyecto PIE ofreció datos concluyentes sobre la eficacia de la espiral salvapájaros (medida utilizada por Red Eléctrica), otros equipos de investigación corroboraron la eficacia de esta medida al estudiar la incidencia por colisión en tramos concretos de la red de transporte distribuidos por ámbitos geográficos muy diferentes.

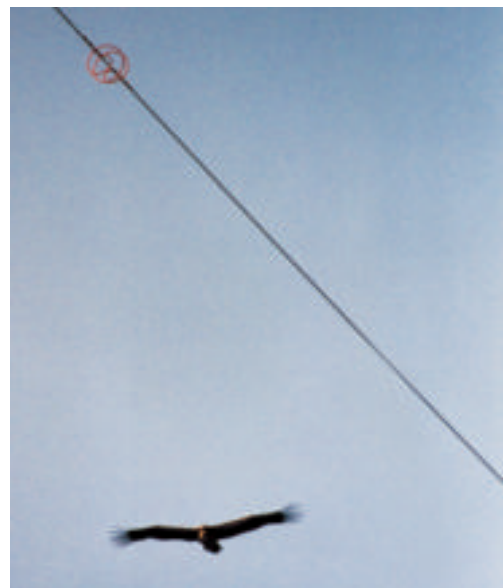
Como resultado del ya mencionado estudio de señalización de la línea eléctrica Pinar del Rey-Tarifa, se realizó una propuesta de señalización de los tramos más conflictivos con dispositivos anticolidión, que finalmente se materializó con la colocación en 1997, de espirales naranjas de 1 m de longitud y 30 cm de diámetro en la mayoría de los vanos de esta línea (65 vanos señalizados de un total de 78). Tras la puesta en funcionamiento de la línea, se realizaron, entre otras tareas, revisiones para determinar y cuantificar su eficacia en lo que respecta a accidentes por colisión.

Línea Pinar del Rey-Tarifa	
Mortalidad mensual (aves/km)	0,10
Frecuencia de paso (aves/hora)	6,2
Siniestralidad (% víctimas)	0,004



La tasa de mortalidad se puede considerar baja en relación con las líneas señalizadas con la misma metodología en otros ámbitos, dada la elevada frecuencia de vuelo de las aves sobre el tendido. La totalidad de las víctimas se localizó en los vanos señalizados, mientras que en los vanos no señalizados no se localizó ninguna. Parece pues, que el estudio realizado en 1995 identificó de modo correcto los tramos más conflictivos de la línea.

En junio de 1999, Red Eléctrica abordó el proyecto de seguimiento de la señalización de la línea Valdecaballeros-Guillena, con el principal objetivo de realizar un análisis de la señalización con espirales salvapájaros de color naranja, instalados en 1989 y en 1994 en 4 conjuntos de tramos de esta línea, bien para corroborar su validez como medida anticolidión o bien para realizar una propuesta de corrección. Los datos obtenidos durante el periodo 1999-2000 indicaban que las espirales instaladas en 1989 mostraban un porcentaje de deterioro muy reducido (salvo la decoloración que se constató en todas, sólo el 2,7% de los salvapájaros, de un total de 3.077 espirales instaladas, estaban incompletas); por su parte, las 364 espirales instaladas en



“Los estudios llevados a cabo por Red Eléctrica demuestran que la señalización de las líneas con espirales salvapájaros disminuye considerablemente el riesgo de colisión de las aves con los tendidos eléctricos”

1994 estaban todas intactas. El deterioro de los salvapájaros no provocó una variación significativa en la tasa de paso de las aves sobre el tendido eléctrico, ni un aumento de la siniestralidad en los vanos con salvapájaros deteriorados, por lo que se concluyó que el estado de deterioro de la señalización no fue lo suficientemente importante como para proponer su sustitución. Esto sugiere que el periodo de vida útil de los salvapájaros es superior a cinco años, y que al menos hasta diez años después, la señalización sigue siendo efectiva.

En la tabla se compara la mortalidad entre los diferentes estudios:

Línea	INVIERNO 1990-1991		INVIERNO 1999-2000
	Sin señalización	Señalizado	Señalizado
Valdecaballeros - Guillena	0	0,17	0,13
Navalvillar	0,15	0,11	0,00
La Coronada	0,05	0,04	0,11
Ahillones	0,12	0	0,08
Total	0,12	0,08	0,08

En julio de 2000, Red Eléctrica inició el proyecto de señalización de la línea eléctrica a 400 kV Guadame-Tajo con el objeto de realizar el seguimiento de la siniestralidad de las aves por colisión contra los cables de tierra, a su paso por el entorno de la Reserva Natural «Laguna de Los Jarales» incluida en la ZEPA «Zonas Húmedas del sur de Córdoba». En la primera fase del estudio se identificaron 4 vanos como potencialmente más conflictivos para la avifauna, a partir de las tasas de vuelo sobre los mismos y de los registros de mortalidad. En la segunda fase, 2 de los 4 vanos fueron equipados con espirales. Los resultados obtenidos después de la señalización sirvieron para comparar ambas fases de estudio. Actualmente está finalizada la señalización de los 2 vanos que quedaron sin señalizar. A continuación se indica la tasa de mortalidad observada durante la primera y la segunda fase del estudio, y el porcentaje de reducción del riesgo de colisión:

Línea	Sin señalización (aves/km)	Señalizado (aves/km)	% Reducción
Guadame -Tajo			
· Cualquier tipo de ave	19,2	7,1	62,8
· Aves acuáticas	6,8	0,8	88,2

Esta tasa de mortalidad de aves por colisión se consideró lo suficientemente baja como para no comprometer el estado de conservación de ninguna especie vinculada a la «Laguna de Los Jarales». Se concluyó que la señalización tuvo un resultado satisfactorio, tanto por la reducción de la mortalidad observada en los vanos señalizados como por el cambio en la altura del vuelo, que incide en la disminución del riesgo potencial de colisión.



1.3.2 Siluetas de aves rapaces instaladas en los apoyos

Aunque las espirales se han mostrado eficaces en la reducción de la mortalidad, Red Eléctrica consideró oportuno continuar la investigación, en la línea de diseñar y ensayar nuevas medidas que pudieran suponer un menor coste en materiales, mayor facilidad de colocación y versatilidad. El uso de «modelos de aves rapaces» (siluetas o modelos tridimensionales) se planteó como medida complementaria e incluso como alternativa a los salvapájaros. Con las siluetas instaladas sobre los apoyos de las líneas de transporte, las aves evitarían su proximidad, alejándose así del riesgo asociado a la cercanía de los cables. Red Eléctrica abordó un estudio que evaluó el efecto de estos modelos sobre el comportamiento de vuelo de las aves, valorando su eficacia como dispositivo anticoli- sión en general y en especial en el entorno de la línea eléctrica Pinar del Rey-Tarifa.

La construcción de la citada línea ofreció una oportunidad ideal para ensayar estas nuevas medidas. En diferentes apoyos ya izados de esta línea, sin estar tendidos los cables, fueron instalados tres modelos diferentes de aves en el periodo posmigratorio del año 1996. Igualmente se consideró oportuno realizar ensayos sobre la eficacia de uno de los modelos en un ámbito geográfico diferente, con una avifauna de distintas características y básicamente compuesta por especies residentes (nidificantes o invernantes). Para ello se eligió el Parque Nacional de Doñana, donde entre febrero y marzo de 1997 se llevó a cabo otro ensayo con el modelo que mejores resultados ofreció en la zona del Estrecho de Gibraltar.

En cada ensayo se realizaron entre 95 y 120 horas de observación, distribuidas en períodos continuos de entre una y dos horas. Durante los mismos se registró la presencia de aves en el entorno de cada punto de muestreo, su altura de vuelo y distancia mínima al modelo o punto de control, así como todo tipo de comportamien-



13



Águila sobredimensionada (70 cm x 120 cm)



Ave en vuelo (105 cm x 50 cm)



Ave posada (30 cm x 40 cm)

“En la mayoría de los ensayos realizados las siluetas de aves instaladas en los apoyos ofrecieron una escasa eficacia como medida anticolidión”

to que pudiera ser achacado a la presencia de dicho modelo (ataques, reacciones de huida, cambios en la dirección del vuelo, etc.).

Los ensayos realizados fueron suficientemente concluyentes sobre la eficacia de los modelos como medida anticolidión: ninguno de ellos afectó al comportamiento de vuelo de las aves, de forma que pudiera pensarse en su utilización para reducir la incidencia de accidentes contra tendidos eléctricos. No obstante, se manifestó una diferencia cualitativa entre los tipos de modelos ensayados: el modelo más realista, que representaba un águila sobredimensionada, fue capaz de provocar cierta reacción en algunos grupos de aves, especialmente en las rapaces, aunque, desafortunadamente, ésta no supuso una variación en el comportamiento del vuelo que determinara un menor riesgo de colisión. Por el contrario, los otros modelos ensayados, siluetas planas de un ave en vuelo y de un ave posada, apenas provocaron reacción alguna entre las aves, incluso eran frecuentes las observaciones de rapaces posadas en el mismo apoyo y junto al modelo.



2. INCIDENCIA DE LA NIDIFICACIÓN EN LA RED DE TRANSPORTE

2.1 La nidificación de aves sobre apoyos de líneas eléctricas

La nidificación sobre elementos de infraestructuras y construcciones humanas es un comportamiento relativamente frecuente en las aves. Entre estas infraestructuras se encuentran los apoyos de las líneas eléctricas sobre las que nidifican especies pertenecientes a distintos grupos de aves, pero principalmente rapaces y córvidos. Entre las rapaces destacan varias especies, algunas de gran envergadura como el águila imperial (*Aquila adalberti*) y el águila perdicera (*Hieraetus fasciatus*), otras de mediana envergadura como el halcón común (*Falco peregrinus*), pero es especialmente llamativo el caso de la cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*), que forma grandes colonias lineales en la red de tendidos eléctricos de nuestro país.

Hay suficientes evidencias para sostener la hipótesis de que los tendidos eléctricos, al servir de soporte de nidos, contribuyen de forma significativa a la extensión del área de cría de algunas de estas especies, principalmente en zonas con características adecuadas para su presencia, pero carentes de estructuras naturales apropiadas para la nidificación. Se sugiere que la utilización de los apoyos de líneas eléctricas puede suponer alguna ventaja sobre la utilización de soportes naturales como acantilados o árboles (más estables, con menos probabilidad de depredación, etc.).

La utilización de los apoyos de los tendidos eléctricos por las aves suele aparejar importantes consecuencias negativas para las compañías propietarias de los tendidos, por su repercusión en el mantenimiento de las líneas eléctricas. Estas incidencias negativas se suelen materializar principalmente en cortocircuitos (provocados por acumulaciones de excrementos y/o materiales aportados por las aves a los nidos), dificultades de operación en los apoyos durante las labores de mantenimiento y alteraciones de la distribución de las cargas y del aerodinamismo de los apoyos (que afectan a su estabilidad). El efecto de la nidificación sobre el mantenimiento y explotación de las líneas eléctricas se traduce en pérdidas económicas y de calidad del servicio, y llega a ser especialmente preocupante en el caso de líneas de distribución. En consecuencia, la nidificación de aves en los apoyos de los tendidos eléctricos se ha convertido en un serio problema ambiental en determinados ámbitos geográficos para las compañías eléctricas, entre ellas, para Red Eléctrica.



2.1.1 Nidificación de cigüeñas y córvidos en apoyos de líneas eléctricas



En 1995 Red Eléctrica decidió abordar un estudio que permitiera la evaluación de la problemática de la nidificación de aves en un ámbito geográfico especialmente afectado por las incidencias sobre el servicio eléctrico: el cuadrante suroccidental de la Península Ibérica. Sus resultados sirvieron de base para estudios posteriores de aspectos más concretos de la problemática y para la adopción de un procedimiento de actuación en relación con los nidos de aves presentes en apoyos de transporte de electricidad.

La información de partida para la cuantificación de la nidificación la constituyó un conjunto de fichas de nidificación en apoyos, procedente de una revisión efectuada en 1994 de la red de transporte de electricidad (igual o superior a 220 kV) de Red Eléctrica, en las provincias de Badajoz, Ciudad Real, Huelva, Sevilla, Cádiz, Córdoba, Jaén, Málaga, Granada y Almería. La red se consideró formada entonces por 15 líneas (incluyendo 5 sin servicio), con una longitud total de 1.800 km y unos 4.000 apoyos.

Se anotó la presencia o ausencia de nidos en cada apoyo revisado, las especies responsables de su construcción y/o utilización, el lugar en el apoyo ocupado por cada nido y las características de estos (no se contabilizaron los nidos de aves de pequeño tamaño igual o inferior al de una urraca).

Los resultados más relevantes fueron los siguientes:

- > El número total de apoyos afectados por la nidificación se estimó entre 103 y 156. Estas cifras suponen que entre un 2,9% y un 4,3% de los apoyos de la red se encontraban ocupados al menos por un nido de ave de mediana o gran envergadura. El número total de nidos en la red de transporte se estimó entre 132 (mínimo registrado) y 172.
- > La distribución de los nidos por líneas no fue homogénea. La mayoría de las líneas mostraron muy bajos porcentajes de ocupación por nidos (del 0 al 0,3%), sin embargo 4 de ellas tuvieron porcentajes importantes (>5%). Destacó, en concreto, la línea eléctrica a 400 kV Almaraz-Guillena, con una ocupación mínima del 12,5% de sus apoyos.
- > Los córvidos estuvieron presentes en todas las líneas eléctricas con nidos, siendo la única especie nidificante en 3 de ellas. Si bien a esta especie corresponde el 77% de los apoyos con nido (de un total de 120 apoyos) sus nidos sólo representan el 66% del total. La situación inversa se constató para la cigüeña blanca (nidificante



en 3 líneas), con un 17% de los apoyos ocupados pero responsable del 26% de los nidos, al ser frecuente la existencia de más de 1 nido por apoyo. Los cernícalos vulgares (*Falco tinnunculus*) fueron registrados como nidificantes en 3 de estas líneas, siempre sobre nidos abandonados de córvidos, y también se localizó 1 nido de águila perdicera.

- > Cigüeñas y córvidos mostraron el mismo patrón de selección de modelo de apoyo: el 83% de los nidos de cigüeña y el 77% de los de córvido se localizaron en apoyos tipo cabeza de gato. El modelo cabeza de gato fue seleccionado positivamente, mientras que los apoyos de doble circuito fueron evitados.
- > Se comprobó que el modelo de apoyo juega un papel muy importante en el número de incidencias que causan los nidos en el servicio eléctrico: tan sólo en el 16% de los apoyos de doble circuito cabría esperar alguna incidencia, aunque fuera leve; sin embargo, en el modelo de cabeza de gato este porcentaje alcanzó el 97%.

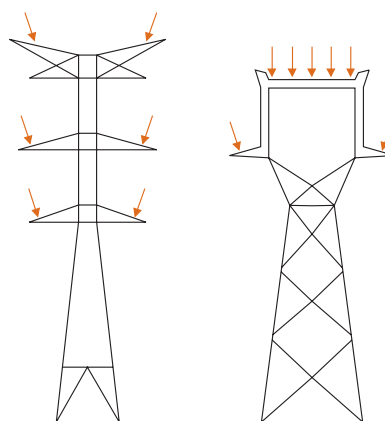


2.1.1.1 Identificación de puntos potencialmente afectados

En 1996 Red Eléctrica puso en marcha un estudio para identificar los factores asociados a la presencia de aves nidificantes en apoyos de transporte y detectar pautas comunes de nidificación. En concreto, el interés principal del estudio radicó en la elaboración de una herramienta metodológica que permitiera identificar los puntos de la red y los apoyos con mayor probabilidad de ser ocupados por las dos especies nidificantes más frecuentes: los córvidos y la cigüeña blanca.

El estudio se llevó a cabo en el cuadrante suroccidental de la Península Ibérica, incluyendo las provincias españolas con mayor presencia de cigüeñas blancas nidificantes sobre la red de transporte de electricidad: Huelva, Cádiz, Sevilla, Córdoba, Badajoz, Cáceres, Ciudad Real, Toledo, Madrid, Ávila, Segovia y Salamanca. Se estudió la totalidad de la red de transporte de Red Eléctrica, comprendida en este territorio por 51 líneas eléctricas, así como un conjunto adicional de 50 líneas eléctricas entre 66 y 220 kV pertenecientes a otras compañías. Se observaron 239 nidos de cigüeña blanca y 68 nidos de córvido, presentes en 172 y 65 apoyos respectivamente.

Cada apoyo fue analizado midiendo el valor de un conjunto de variables de su entorno, así como atributos técnicos de éste que, a priori, podrían guardar alguna relación con la probabilidad de ocupación. Las variables fueron medidas directamente en el campo o sobre mapas topográficos y mapas de cultivos y aprovechamientos.



Puntos de nidificación de cigüeña blanca en apoyos de doble circuito (izquierda) y cabeza de gato (derecha) que causan problemas durante el mantenimiento de la instalación



Los distintos conjuntos de datos fueron analizados con el objeto de identificar las variables con mayor peso en la discriminación entre apoyos ocupados por nidos y apoyos sin nidos (apoyos control).

Análisis de los factores asociados a la localización de núcleos de nidificación de cigüeñas blancas sobre apoyos de líneas eléctricas de transporte

Se planteó un análisis discriminante de 22 variables estimadas en el entorno de cada apoyo ocupado, pero sólo 6 fueron consideradas por el modelo como determinantes. Las variables seleccionadas fueron las siguientes:

- > la proximidad a una zona húmeda, embalse o río caudaloso (con incidencia positiva),
- > el índice de continentalidad: temperatura del mes más cálido/ temperatura media del mes más frío (con incidencia negativa),
- > la duración del período de sequía estival (con incidencia negativa),
- > la proximidad a una carretera asfaltada (con incidencia negativa),
- > la presencia de cultivos de secano en el entorno (con incidencia positiva),
- > la proximidad a una masa arbolada (con incidencia positiva).

En resumen, los núcleos de nidificación de cigüeña blanca sobre apoyos de transporte proliferan en hábitats que se caracterizan por unas adecuadas posibilidades de alimentación (proximidad a zonas húmedas, adecuadas condiciones climatológicas para la especie), pero también en ambientes abiertos donde no abundan otros soportes adecuados (cultivos de secano).

Análisis de los factores asociados a la nidificación de córvidos sobre apoyos de líneas eléctricas de transporte

El análisis de la nidificación de córvidos se planteó de acuerdo con un conjunto de 15 variables y se concluyó que la probabilidad de ocupación de un apoyo por un nido de córvido está asociada a los siguientes factores:

- > la proximidad a una carretera asfaltada (con incidencia negativa),
- > la proximidad a otro tipo de soporte alternativo para el nido (con incidencia negativa),
- > la proximidad a masas arboladas (con incidencia positiva),
- > la proximidad a arroyos (con incidencia negativa).



La variable con mayor peso discriminante es la distancia del soporte alternativo más cercano al nido (apoyo eléctrico o árbol). Esta distancia coincide, en el 70% de los casos, con la distancia al árbol más cercano, lo que nos permite deducir que el córvido tiende a nidificar sobre apoyos de líneas de transporte cuando escasean los árboles adecuados para la cría. La variable «distancia a la carretera más cercana» nos está indicando que esta selección tiene en cuenta, además, la tranquilidad del entorno o la menor presencia humana. En conclusión, la ausencia de soportes adecuados y la escasa interferencia humana parecen ser los factores más condicionantes de la selección de un apoyo de transporte de electricidad como soporte de un nido de córvido.

Aplicación de los resultados a la previsión de la aparición de nidos sobre líneas eléctricas de transporte

Partiendo del valor de las variables estimadas sobre mapas topográficos y mapas de aprovechamientos y cultivos, se calcula el porcentaje de probabilidad buscado en cada punto. Este valor es el que se utiliza para evaluar la probabilidad de ocupación de un punto determinado de la red por nidos de cigüeña blanca y de córvidos.

Hay que señalar que existe una diferencia importante entre ambas especies estudiadas. La cigüeña blanca es, actualmente, un ave en expansión en la Península Ibérica, que con frecuencia pasa a colonizar nuevos ámbitos, especialmente cuando puede recurrir a los apoyos de líneas eléctricas como soporte para sus nidos. De los córvidos, sin embargo, no se puede decir lo mismo, y su número tiende a disminuir, por lo que la probabilidad de que los nuevos apoyos sean ocupados por sus nidos es inferior a la asociada a la nidificación de cigüeñas. En consecuencia, actualmente sólo alcanza pleno sentido la aplicación de una herramienta para predecir la aparición de nidos en apoyos en el caso de la cigüeña blanca, máxime cuando se trata de la especie con mayor incidencia sobre el servicio de transporte de electricidad.

Estos valores fueron validados y aplicados en dos proyectos diferentes: en el año 1999 se calculó la probabilidad de ocupación por nidos de cigüeña de 8 líneas en proyecto en el cuadrante noroeste del país y en el año 2004 se utilizaron las funciones de clasificación para identificar los vanos de mayor probabilidad de ocupación de una línea en construcción en el sur de Badajoz (línea 400 kV Balboa-Frontera portuguesa). En el marco de estos trabajos la herramienta metodológica desarrollada fue objeto de revisión,



Evolución de la población de cigüeña blanca en España

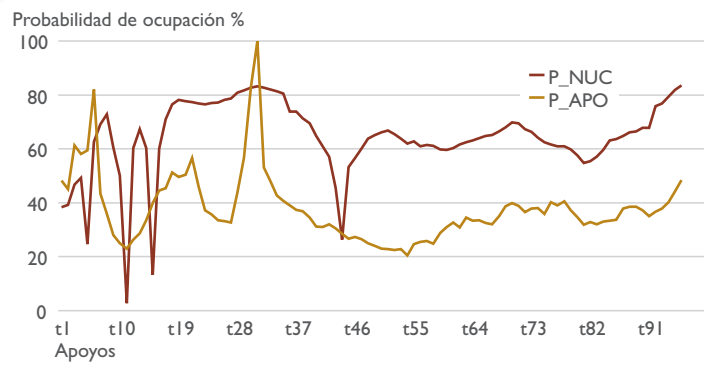
Año del censo	Nº de parejas censadas
1948	14.513
1957	12.701
1974	7.343
1984	6.753
1990	7.901
1992	10.000
1994	16.643
2004	33.215

Información extraída del "Atlas de las aves reproductoras de España" (Ministerio de Medio Ambiente y SEO/BirdLife), Madrid, 2003.



adaptándola con el objeto de excluir de los análisis determinadas variables que requerían un mayor esfuerzo para su obtención. Con la adaptación realizada todas las variables a utilizar se podían obtener a partir de la cartografía convencional, lo que facilitaba la aplicación de la herramienta a múltiples situaciones potenciales.

La tabla que se muestra a continuación detalla las probabilidades de ocupación de la línea Balboa-Frontera portuguesa por un núcleo de nidificación (P_NUC) y por nidos de cigüeña (P_APO) a lo largo del trazado.



2.1.1.2. Reducción de la incidencia

Plataformas de nidificación artificiales

La línea eléctrica a 400 kV Almaraz-Guadame, con apoyos tipo cabeza de gato, aloja a su paso por el Valle de Alcodia (Ciudad Real) una colonia de nidificación de cigüeñas blancas que ha sido objeto de seguimiento por parte de Red Eléctrica.

En 1992 la colonia de cigüeñas instaladas en la citada línea constaba de 19 nidos en 12 apoyos, con una ocupación máxima de 3 nidos en uno de los apoyos. Para reducir la incidencia de los nidos sobre el servicio eléctrico, Red Eléctrica decidió trasladar 12 de esos nidos a plataformas artificiales (una por apoyo).

Estas plataformas son estructuras metálicas ancladas al puente superior, elevadas sobre el mismo y desplazadas con respecto al eje vertical del apoyo, lo que limita la probabilidad de caída de restos y excrementos desde el nido sobre la cadena de aisladores.

Tras la colocación de 12 plataformas artificiales en la línea, entre 1994 y 1995 se llevaron a cabo muestreos continuos del comportamiento de las cigüeñas sobre los apoyos a lo largo de dos estaciones reproductivas, que abarcan desde los primeros momentos de construcción y reconstrucción de los nidos hasta la fase de emancipación de los jóvenes polluelos.

El principal problema que se ha identificado en relación con la utilización de estas plataformas, en el caso de la cigüeña blanca, se deriva del carácter colonial de la especie: con el traslado de nidos a plataformas se deja libre un punto muy adecuado para el establecimiento de una nueva pareja, hecho que ocurre con elevada frecuencia en la colonia estudiada. Se trata de un comportamiento que no se debe esperar de otras aves que nidifican en solitario y/o con marcado carácter territorial (como es el caso de los córvidos y la mayoría de las aves de presa).

Una de las recomendaciones que surgieron de este estudio fue la de desarrollar un sistema que permitiera impedir la nidificación en ciertos puntos de los apoyos. La combinación de medidas disuasorias con la instalación de plataformas parece la única manera de que los apoyos puedan funcionar como soportes de nidos de cigüeñas blancas sin causar problemas para el mantenimiento de la línea y sin perder el papel «ecológico» de los apoyos.



“Los córvidos y las cigüeñas blancas son las especies de aves que con más frecuencia nidifican en los apoyos de los tendidos eléctricos”





*Disuasor de nidificación:
Constituido por un vástago (longitud 60 cm, grosor 2 cm) y varillas (longitud 1 m, grosor 6 mm)
en distinto número y disposición*



Dispositivos disuasorios de la nidificación

A finales de 1995 Red Eléctrica decidió proceder al ensayo de un dispositivo disuasor de la posada de las aves: un modelo de varillas suministrado por Electricité de France (EDF), probado con éxito por esta compañía eléctrica francesa. El objetivo del ensayo era aplicarlo como disuasor de la nidificación. Estas varillas fueron instaladas en forma de una sola varilla o en grupos de 2 ó 3 en puntos conflictivos de la línea eléctrica Almaraz-Guadame. El estudio del comportamiento de nidificación de las cigüeñas ante la presencia de los disuasores se llevó a cabo en 1996.

Los resultados evidenciaron la falta de eficacia de los dispositivos del modelo de EDF, ya que se observó que una protección más intensa del puente superior de los apoyos podría ofrecer resultados más satisfactorios, al proteger además puntos no problemáticos de los apoyos pero que permiten el acceso a otras zonas con mayor repercusión sobre el servicio eléctrico (como es el caso de los puntos de anclaje de los cables de tierra). Sin embargo esta solución resultaría muy costosa en términos de materiales empleados y tiempo de colocación de las medidas. Por otro lado, la barrera así conformada supondría un obstáculo igualmente infranqueable para los operarios del servicio de mantenimiento, quienes verían tremendamente dificultado su desplazamiento por la viga superior de los apoyos así como el acceso a determinados puntos.

Con los resultados del estudio anterior quedó patente que la problemática de la nidificación de cigüeñas sobre apoyos de transporte exige, para su solución, una aproximación particular tanto a las características de la cigüeña blanca como a los apoyos sobre los que nidifica en la Península Ibérica. La falta de una respuesta positiva a la protección de los apoyos con estos disuasores impulsó a Red Eléctrica a dar un nuevo salto en el estudio de las interacciones entre cigüeñas y apoyos de líneas eléctricas, y más concretamente en la resolución de la problemática de la nidificación sobre puntos problemáticos para el servicio eléctrico.

De esta forma se dio inicio a un ambicioso proyecto, que continúa en la actualidad, con el objeto de encontrar dispositivos disuasores de nidificación eficaces, baratos y susceptibles de ser instalados en un elevado número de apoyos de líneas con problemas de nidificación.

- > En 1997 se elaboró un catálogo de prototipos de medidas disuasorias susceptibles de ser ensayados para comprobar su eficacia.
- > En 1999 se comprobó, en condiciones reales, la eficacia de los dispositivos disuasores (los que mejores resultados ofrecieron en

el ensayo) instalados en los apoyos de líneas de transporte con problemas de nidificación. Para ello se realizó un seguimiento de la nidificación de las cigüeñas en dichos apoyos, ya que se desconocía la reacción de las aves ante la retirada de los nidos y la posterior instalación de disuasores en apoyos con limitación de puntos de nidificación disponibles.

- > En el 2000 se ensayaron en condiciones experimentales, sobre apoyos de doble circuito, nuevos modelos y dispositivos disuasores de nidificación (basados en las varillas). Además se amplió y actualizó el catálogo de dispositivos disuasores de nidificación, y se elaboró una propuesta de instalación de estos sobre líneas en tensión con problemas, actuales o potenciales, de nidificación de cigüeñas.
- > Desde el 2001 se realiza el seguimiento de la nidificación de cigüeñas y de la instalación de dispositivos disuasores en apoyos de líneas de transporte de electricidad. Este seguimiento, que continúa en la actualidad, sirve no sólo para poner al día las actuaciones necesarias en los apoyos sino también para ir mejorando la eficacia de los dispositivos instalados (disposición, material, etc.). La continua tendencia de crecimiento de la población de cigüeñas blancas hace que cada año se incremente el número de nidos y apoyos ocupados y que se requieran ajustes en los dispositivos instalados.

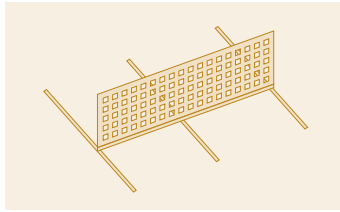


En los siguientes apartados se exponen los resultados más significativos obtenidos en los estudios anteriores.

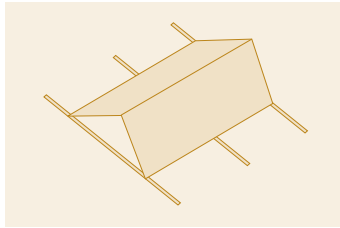
Ensayos en el «Laboratorio Natural»

En 1998 se construyó un apoyo de ensayo de diseño de cabeza de gato en las inmediaciones de la línea eléctrica Almaraz-Guadame cuyos apoyos son de las mismas características. A su vez se levantaron dos estructuras metálicas similares a los apoyos cabeza de gato junto a una colonia reproductora de cigüeñas ubicada en la Dehesa de Abajo (Puebla del Río, Sevilla); la mayor colonia de esta especie sobre árboles en la Península Ibérica. Con la construcción de estas estructuras y el inicio de este proyecto, se creó un gran laboratorio natural para el estudio de las interacciones entre las cigüeñas nidificantes y las líneas de transporte de electricidad.

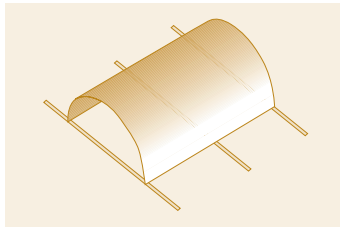




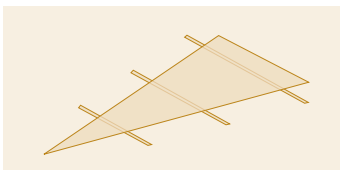
Placa vertical



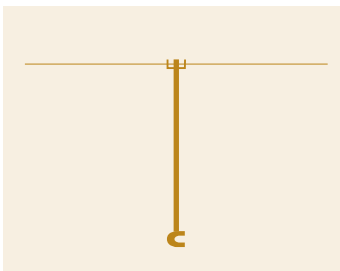
Tejadillo



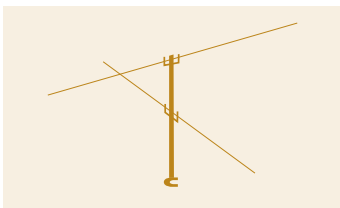
Bóveda



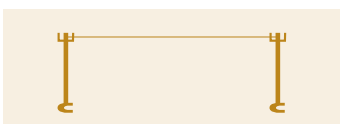
Tapabrazos



Varillas en T



Varillas en cruz



Sistema de varillas paralelas

Se seleccionaron 7 dispositivos distintos para ser ensayados como disuasores de la nidificación de las cigüeñas sobre apoyos cabeza de gato, bien en el puente, en la cruceta o sobre ambas estructuras: placa vertical, tejadillo, bóveda, tapabrazos, varillas en T, varillas en cruz y el sistema de varillas paralelas.

En conjunto, los dispositivos formados por vástagos y varillas (varillas en T, varillas en cruz y varillas paralelas) resultaron más eficaces que otros como medida disuasoria de la posada y, por lo tanto, de la nidificación. El tapabrazos, el tejadillo y la bóveda no impidieron la posada de las aves, pero funcionaron como medidas disuasorias de la nidificación, además protegieron a las cadenas de aisladores de las deposiciones de excrementos. La placa vertical es el dispositivo que menos resultados positivos ofreció, por lo que ha sido la única medida ensayada con la que no se ha continuado en los siguientes estudios.

Una observación relevante del estudio fue que la eficacia de los diferentes sistemas de varillas dependía en gran medida de la disposición correcta del dispositivo en el apoyo y de la fiabilidad de la fijación de los distintos elementos entre sí y a la estructura del apoyo. Otro aspecto a tener en cuenta en la valoración de los dispositivos ensayados fue su interferencia con las labores de mantenimiento de las líneas, ya que todo elemento disuasor sobre el puente o las crucetas de los apoyos estorba en alguna medida las labores de los operarios. Esta molestia es más importante en el caso de los dispositivos que cubren por completo las caras superiores del puente (bóveda, tejadillo) y la cruceta (tapabrazos).

A partir de los resultados obtenidos con los ensayos en los diseños cabeza de gato, surgió la necesidad de realizar ensayos específicos de dispositivos disuasores en apoyos de doble circuito. En la línea eléctrica en construcción Peñalba-Graus se encontró un lugar ideal para llevar a cabo este ensayo ya que los apoyos ya izados de esta línea mantenían un considerable número de nidos de cigüeña blanca y no tenían conductores por lo que permitió la instalación de diferentes sistemas y dispositivos durante periodos cortos de ensayo.

En el año 2000, se instalaron diferentes disposiciones de varillas (en T, en cruz y paralelas) y todas tuvieron un efecto significativo sobre el uso de las zonas protegidas de los apoyos por las cigüeñas. La presencia de aves en las zonas protegidas fue muy inferior a la presencia de aves en las zonas no protegidas o en el apoyo control, y la reconstrucción de nidos, aunque no se impidió en todos los casos, si se dificultó por la presencia de los disuasores.



Ensayo en el campo

En el año 1999 se instalaron los dispositivos ensayados en diferentes tramos de líneas de Red Eléctrica. Fueron seleccionados apoyos tanto de diseño de cabeza de gato como de doble circuito.

Pese a la tendencia al alza de la población de cigüeñas nidificantes sobre tendidos de transporte, la actuación de instalación de medidas disuasorias, valorada en su conjunto, supuso en términos cuantitativos una reducción de entre el 34 y el 39% en la incidencia de la nidificación estimada para 1999 en los apoyos que fueron objeto de intervención. Desde un punto de vista cualitativo, el efecto en la reducción fue incluso mayor, dado que algunos de los nidos reconstruidos en las mismas estructuras se desplazaron unos metros, alejándose de las cadenas de aisladores. No obstante, la reducción de la nidificación en los apoyos cabeza de gato se cifró en un mínimo del 44,3% (48,5% en el puente y 36,9% en las semi-crucetas), frente a un 15,0% en los apoyos de doble circuito. En concordancia con los resultados de los ensayos en el «laboratorio», los dispositivos que mejores resultados ofrecieron fueron las varillas, en cualquiera de sus configuraciones (en T, en cruz o paralelas) y disposiciones.

Se constató que el efecto de los dispositivos disuasores fue mayor impidiendo nuevas nidificaciones que evitando la reconstrucción de nidos retirados. Esto parece ser consecuencia del grado de vinculación de las parejas de cigüeña blanca establecidas a los puntos de nidificación. Por ello, para solucionar problemas actuales de nidificación, las actuaciones de protección de apoyos con dispositivos disuasores serán más exitosas en general en el caso de ser preventivas (para impedir el asentamiento de nuevas parejas o colonias) que en el caso de medidas correctoras.

A partir de los últimos ensayos, Red Eléctrica ha ido realizando, completando y adaptando la instalación en los tramos de líneas que presentan problemas de nidificación. Se lleva a cabo un seguimien-





to anual de la instalación de los disuasores para registrar las incidencias y realizar nuevas propuestas para corregir los problemas surgidos durante la instalación y completarla en aquellos apoyos aún no modificados o donde han surgido nuevos puntos de cría.

Los tramos incluidos en este seguimiento de campo son de 3 diseños básicos: cabeza de gato, doble circuito y en capa. Las medidas disuasorias propuestas han ido variando respecto a los años anteriores.

Las zonas de los apoyos propuestas para la instalación de medidas disuasoras son aquellas consideradas problemáticas para el buen funcionamiento y el mantenimiento de la línea y aquellas donde se hayan localizado nidos, además de las que podrían facilitar el acceso de las cigüeñas.

Se distinguen 6 diseños principales de apoyos, que cuentan con las siguientes zonas susceptibles de ser modificadas por medidas disuasorias (se indica el número de zonas entre paréntesis):

- > Cabeza de gato: puentes (1), semicrucetas (2) y castillete (2)
- > En capa: puentes (1), semicrucetas (2) y castillete (2)
- > Doble circuito de tres crucetas: semicrucetas (8)
- > Doble circuito de dos crucetas y cruceta larga de cable de tierra: semicrucetas cortas del cable de tierra (2), semicrucetas cortas de la cruceta superior (2) y semicrucetas largas (2)
- > Doble circuito de dos crucetas y cruceta corta de cable de tierra: semicrucetas cortas (4) y semicrucetas largas (2)
- > Doble circuito de dos crucetas, sin cruceta de cable de tierra: semicrucetas cortas (2) y semicrucetas largas (2)



Las medidas disuasorias instaladas están constituidas por diferentes configuraciones de varillas en T. Se tiene en cuenta la posibilidad de ahorro de materiales y se intentan minimizar las dificultades que causan las instalaciones para las labores de los operarios en los apoyos.

En el año 2004 el seguimiento de los dispositivos disuasores de nidificación abarcó más de 350 apoyos, correspondientes a 21 líneas eléctricas de transporte, de los cuales aproximadamente un tercio se encuentran parcial o completamente protegidos con disuasores. Por el momento, los resultados obtenidos son variables. Con ningún dispositivo se ha conseguido evitar por completo la construcción de nidos. Especialmente en el caso de parejas ya establecidas tiene que insistirse en la retirada de los nidos de los puntos protegidos. A pesar de esto, se considera que con las actuaciones efectuadas se consigue reducir la incidencia de un modo relevante, si bien la evaluación de los resultados afecta a un número de apoyos relativamente pequeño y en algunos casos las instalaciones son aún demasiado recientes para poder ofrecer una valoración definitiva de su eficacia.

2.1.2. Uso de nidos artificiales por halcones

Los apoyos de las líneas eléctricas adquieren un papel ecológico relevante en hábitats carentes de estructuras naturales adecuadas para la nidificación de las aves. Mediante la utilización de nidos artificiales, se favorece la nidificación de aves rapaces en estos apoyos, lo que supone un aspecto positivo de los tendidos eléctricos en su interacción con la avifauna.

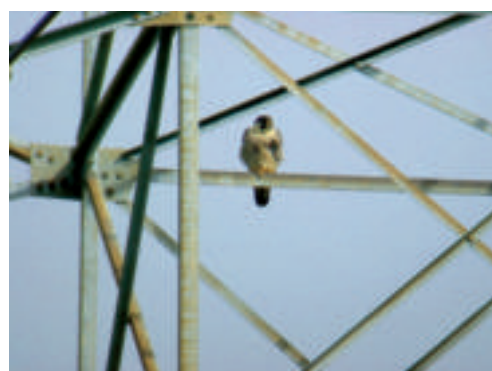
Fruto de la observación continuada de los hábitos del halcón común y de su preferencia por los apoyos de líneas eléctricas como punto de nidificación, en la provincia de Valladolid, y del éxito reproductivo de la especie, surge este proyecto en 1997 a propuesta de la Sección de Vida Silvestre del Servicio Territorial de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León.

Analizada el área de distribución del halcón común en la Península Ibérica se eligió para el estudio la provincia de Valladolid, ya que en ella la población de esta rapaz presenta una caracterización singular con la utilización de una gran variedad de sustratos de nidificación.

La distribución de las zonas de nidificación del halcón se encuentra condicionada por diversos factores como la existencia de lugares aptos para nidificar, tales como cortados fluviales y otros lugares alternativos, requerimientos tróficos (presencia de presas), tipos de apoyos de líneas eléctricas y nidificación de córvidos.



Instalación de disuasores de nidificación



“La colocación de nidos artificiales en apoyos eléctricos desempeña un papel ecológico relevante en hábitats carentes de soportes naturales para la nidificación”



Bote-nido ocupado por una pareja de halcones



Caja-nido

Estudio sobre nidos artificiales para la nidificación de halcón común

La experiencia en nidificación y la reiterada observación de los hábitos del halcón común recomendaron ensayar dos tipos de nidos artificiales, que fueron instalados en las semicrucetas de los apoyos de líneas eléctricas.

- > Bote-nido: bote de plástico estándar de 200 litros.
- > Caja-nido: caja de madera de 80 x 50 cm y entre 50 y 57 cm de altura.

Seguimiento de la población de halcón común en la provincia de Valladolid

Durante el transcurso del proyecto se llevó a cabo un seguimiento del estado de la población de halcón común en la provincia de Valladolid. Este seguimiento constató que el número de nidos de halcón común instalados en líneas eléctricas de alta tensión había ido creciendo en relación con el de los tradicionales en los cortados fluviales, cantiles rocosos, canteras abandonas y edificaciones, lo que había favorecido un crecimiento en la población de esta especie en la provincia de Valladolid.

Años seguimiento	Nidos con éxito de cría	Escarpadura natural	Tendido eléctrico
2001	17	53%	47%
2002	30	40%	60%
2003	29	36%	64%
2004	33	36%	64%

En el seguimiento se observó que la altura de preferencia a la que se encontraban los nidos en los apoyos de líneas eléctricas se correspondía con la altura por la que pasa el primer conductor de la línea. También se observó que la ubicación de los nidos sobre el apoyo puede variar; se localiza en menor medida sobre la segunda cruceta o por debajo de la cruceta inferior.

Ha de destacarse la importancia de la intervención previa de los córvidos, reconocidos constructores de nidos, ya que sus nidos son utilizados por los halcones tanto en las líneas como en las escarpaduras naturales, aunque en estas últimas haya repisas adecuadas.

Como se demuestra en la siguiente tabla, la presencia de líneas eléctricas en zonas carentes de soportes naturales para la nidificación del halcón común, favorece el éxito reproductivo de esta especie en declive en la provincia de Valladolid.

Años de seguimiento	% DE ÉXITO DE CRÍA	
	Sobre nido de córvido	Sobre nido artificial
2001	55	66
2002	50	50
2003	58	83
2004	33	83

2.2 La nidificación de aves en subestaciones eléctricas

Las continuas modificaciones del entorno conllevan la adaptación de las especies animales para garantizar su supervivencia. Un caso frecuente es el uso de instalaciones eléctricas por aves. En Aragón y Navarra se ha observado una notable ocupación de subestaciones de transporte de electricidad por el cernícalo primilla (*Falco naumanni*). Este uso se ciñe a los meses estivales, cuando grandes concentraciones premigratorias utilizan para resguardarse los pórticos de las subestaciones eléctricas.

A lo largo de este estudio se ha visto que no se trata de un uso ocasional sino que las subestaciones ocupadas son reutilizadas en años sucesivos, además las aves prefieren estos emplazamientos a otros posibles. El dato más destacable, no obstante, es el elevado número de cernícalos primillas congregados, ya que si bien algunos de estos domideros albergan en torno a 100 ejemplares otros superan el millar.

En vista de la importancia que estas concentraciones pueden tener y asumiendo la necesidad de realizar un estudio riguroso sobre la relación entre los cernícalos primillas y las subestaciones eléctricas, surge este proyecto llevado a cabo en colaboración entre la Estación Biológica de Doñana y Red Eléctrica. Con este trabajo se pretende dar respuesta a los interrogantes surgidos sobre el uso de las instalaciones eléctricas, los posibles riesgos de mortalidad y prevención de los mismos, así como sobre los posibles desperfectos causados en las instalaciones y a su mitigación.

Los objetivos planteados en este estudio, realizado entre los años 2002 y 2004, se resumen en: definir la interacción existente entre las instalaciones eléctricas y las aves; determinar la importancia de los domideros para la conservación del cernícalo primilla, en los distintos niveles y; por último, proponer medidas que mitiguen los riesgos para estas aves en las subestaciones, en caso de ser detectados, así como comprobar que los cernícalos primillas no alteran el adecuado funcionamiento de las subestaciones.



Puesta de halcón en nido natural



Pollos de halcón en nido natural



Distribución del cernícalo primilla en la Península Ibérica



La primera fase del estudio consistió en la localización de las zonas de concentración premigratoria de cernícalos primillas y la búsqueda de los dormideros asociados a ellas. Se visitaron todas las subestaciones de transporte de electricidad de Red Eléctrica en Aragón y Navarra, determinando en cada caso la presencia o ausencia de cernícalos primillas; así como la potencialidad de las instalaciones para albergar la especie.

Para describir la potencialidad de las subestaciones para acoger estas aves se analizaron las características propias de las instalaciones y las de su hábitat de entorno. El hábitat óptimo del cernícalo primilla consiste en espacios abiertos con cultivos cerealistas tradicionales y zonas de vegetación natural de bajo porte, aunque también se encuentra en zonas transformadas en regadíos. En cuanto a las características de las instalaciones, se consideraron aptas las estructuras de interior hueco y abierto al exterior, que ofrecen a las aves la posibilidad de resguardarse en ellas. Se prestó atención a la presencia humana en el entorno, por considerarse que las instalaciones situadas fuera de zonas urbanizadas pueden ser más fácilmente seleccionadas.

Para conocer la procedencia de los cernícalos se emplearon dos técnicas diferentes: la lectura de anillas de plástico individuales y el análisis de isótopos estables en la pluma. La procedencia de las aves concentradas en los dormideros era muy diversa.

Se visitaron un total de 22 subestaciones pertenecientes a Red Eléctrica, 5 de ellas en Navarra y 17 en Aragón. Además, se visitaron otras zonas en el resto del territorio donde se observaron concentraciones de cernícalos primillas.

Inicialmente se detectó la presencia de cernícalos primillas en 3 subestaciones pertenecientes a Red Eléctrica, Peñaflo, Magallón y La Sema, además de Tafalla, perteneciente a Iberdrola. En 2004 se observó la ocupación de 2 nuevas instalaciones, Peñalba y Aragón.

Complementariamente, durante el verano del 2002 se localizaron 9 dormideros en otros sustratos, apoyos de líneas eléctricas y árboles de distintas especies.

“El uso por el cernícalo primilla de las subestaciones eléctricas como dormideros no genera ningún riesgo para la especie ni altera el normal funcionamiento de las instalaciones”

Dormidero	2001	2002	2003	2004
Peñaflo	-	951	489	319
Magallón	160	271	317	207
La Sema	84	217	292	108
Tafalla	843	1.452	1.349	1.018
Peñalba	-	0	0	65
Aragón	-	0	0	25
Total	1.087	2.891	2.447	1.805

Resultados de los censos simultáneos en los dormideros de cernícalo primilla ubicados en subestaciones de transporte de electricidad en Aragón y Navarra. Las casillas sin dato (-) en el año 2001 indican ausencia de censo.



En todos los casos, los cernícalos emplearon principalmente los pórticos, cobijándose durante las noches en el interior de los dinteles. En general, ocupaban estos lugares avanzado el atardecer, utilizando como posaderos otras estructuras, como cables y celosías, del interior de la subestación o asociadas a ellas. Hay que destacar el uso de los apoyos de las líneas de alta tensión inmediatos a la subestación, que acogían un importante número de aves tanto al atardecer, como paso previo al dormidero, como al amanecer, una vez que abandonaban los dinteles.

La observación del comportamiento de vuelo de los cernícalos en las subestaciones se realizó tanto durante el atardecer como durante el amanecer y en diferentes condiciones climáticas. Las frecuencias observadas en cuanto a la distancia del vuelo respecto a los cables y otras estructuras mostraron que el riesgo de colisión era bajo, al igual que ocurría al analizar la forma de entrada en la subestación. Los factores ambientales no afectaban al riesgo de colisión.

Se puede concluir que no parece probable que los cernícalos puedan llegar a ocasionar problemas en el funcionamiento de las subestaciones. En primer lugar, al tratarse únicamente de dormideros premigratorios, no se produce un aporte de material, lo que sí puede ocurrir en la nidificación de otras especies. Por otra parte, las estructuras utilizadas, concretamente los dinteles de los pórticos, no presentan ninguna fragilidad, por lo que las aves no pueden dañarlos. Únicamente se puede producir una acumulación de excrementos, lo que no provocaría problemas en el correcto funcionamiento de la instalación, puesto que la función de los dinteles es únicamente de soporte.



3. LÍNEAS ACTUALES DE INVESTIGACIÓN

Red Eléctrica continúa investigando nuevas medidas que incrementen aún más la protección de la avifauna. En este sentido, trabaja en el diseño y ensayo de un nuevo modelo de salvapájaros que sea capaz de proporcionar mayor eficacia que el actual. En esta misma línea, se está estudiando también la respuesta de las aves a los diferentes colores de los modelos de salvapájaros instalados para hacer uso de aquel que sea más visible para ellas.

Además, se ha abierto una nueva vía de investigación, en la que se analiza no sólo la incidencia de los tendidos eléctricos sobre la avifauna (actualmente Red Eléctrica estudia su incidencia sobre aves pseudoesteparias, con especial atención a la avutarda) sino también la viabilidad de las medidas para gestionar el hábitat del ave y así disminuir el impacto que ésta pueda recibir.

Una tarea quizás menos innovadora pero de elevada importancia es el seguimiento de las medidas instaladas, ya sea para reducir la colisión como para evitar la nidificación en los puntos no deseados de los apoyos de las líneas. Ello permitiría conocer la eficacia de estas medidas e iniciar nuevos estudios para garantizar la conservación de la avifauna al mismo tiempo que el buen funcionamiento de las líneas.

Todos los estudios de investigación citados en el documento, específicamente orientados al estudio de las interacciones entre aves e instalaciones eléctricas, han demostrado ser una herramienta válida para armonizar y compatibilizar la presencia de estas instalaciones en espacios naturales con la conservación de la avifauna.

Al mismo tiempo, los sucesivos pasos dados con los distintos estudios realizados hacen que Red Eléctrica se encuentre actualmente en condiciones de abordar, de una forma casi definitiva, la solución a muchos de los problemas causados por sus instalaciones sobre las aves y viceversa. Muy pocos aspectos de esta problemática quedan sin tratar en los estudios llevados a cabo, que además han puesto de manifiesto el importante papel ecológico de las líneas y subestaciones como refugio de la avifauna amenazada.

Es precisamente la línea de evaluación y fomento del papel ecológico de las instalaciones eléctricas la que más oportunidades ofrece a la investigación futura de las interacciones entre las aves y el servicio de transporte de electricidad. La presencia de estas instalaciones en ambientes naturales con suficiente capacidad de acogida para algunas especies de aves como rapaces, córvidos o cigüe-



“El fomento del importante papel ecológico que desempeñan las instalaciones eléctricas en la conservación de determinadas especies de la avifauna amenazada, se plantea como uno de los objetivos de las líneas de investigación futura”

ñas, pero carentes de lugares adecuados para que nidifiquen, puede ser utilizada como una herramienta válida para la conservación de dichas especies. Por ello, se convierte en un reto para las compañías como Red Eléctrica el diseño de programas adecuados para el acondicionamiento de las líneas y subestaciones eléctricas como alternativa para la nidificación de estas aves amenazadas, una vez solucionados los problemas de mantenimiento que pudieran derivarse de su utilización.



4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1989-1992. *Señalización de líneas de alta tensión para la protección de la avifauna: Línea Valdecaballeros-Guillena*. RED ELÉCTRICA / Fundación para la Ecología y la Protección del medio ambiente.

1992-1995. *Análisis del impacto de líneas eléctricas sobre la avifauna de espacios naturales protegidos*. Sevillana de Electricidad, Iberdrola, RED ELÉCTRICA / Estación Biológica de Doñana. (CSIC).

1994. *Análisis de la eficacia de las medidas aplicadas en la línea de transporte de Almaraz-Guadame*. RED ELÉCTRICA.

1994-1995. *Estudio de la señalización de la futura línea a 400 kV Pinar-Estrecho*. RED ELÉCTRICA / Estación Biológica de Doñana. (CSIC).

1995. *Análisis de la eficacia de las medidas aplicadas en la línea Almaraz-Guadame para reducir los efectos de la nidificación de las cigüeñas II. Seguimiento de la nidificación en 1995 y estudio de la concentración de nidos en los apoyos*. RED ELÉCTRICA.

1995. *Estudio sobre la nidificación de aves en la red de transporte de electricidad de la Dirección Regional Sur de Red Eléctrica de España*. RED ELÉCTRICA.

1996. *Análisis de la eficacia de las medidas aplicadas en la línea de transporte Almaraz-Guadame para reducir la nidificación de cigüeñas III*. RED ELÉCTRICA.

1996. *Estudio de la nidificación de aves en la red de transporte de electricidad de Red Eléctrica de España (2ª Fase). Selección de hábitat e identificación de potenciales zonas de nidificación*. RED ELÉCTRICA.

1996. *Estudio de la influencia de modelos tridimensionales sobre el comportamiento de vuelo de las aves y consideraciones sobre su aplicación en líneas eléctricas como medida anti-colisión*. RED ELÉCTRICA / Estación Biológica de Doñana. (CSIC).

1997. *Diseño de medidas disuasorias de la nidificación de cigüeñas sobre torres de líneas de transporte de electricidad*. RED ELÉCTRICA.

1997. *Control de las actuaciones con incidencia ambiental realizadas en la línea a 400 kV Pinar-Estrecho*. RED ELÉCTRICA.

1997. *Análisis de la incidencia de la colisión con tendidos de transporte eléctrico en alta tensión en el águila perdicera*. RED ELÉCTRICA / Universidad de Barcelona.



1997-2004. *Programa de instalación de nidales artificiales para halcón peregrino en la provincia de Valladolid*. RED ELÉCTRICA / Servicio Territorial de Medio Ambiente de Valladolid. Junta de Castilla y León.

1998. *Ensayo de medidas disuasorias de la nidificación de cigüeñas sobre torres de líneas de transporte de electricidad*. RED ELÉCTRICA.

1999a. *Seguimiento de la eficacia de medidas disuasorias de la nidificación de cigüeñas sobre apoyos de líneas de transporte de electricidad*. RED ELÉCTRICA.

1999b. *Seguimiento de la nidificación de aves en la futura línea eléctrica a 400 kV Peñalba-Graus*. RED ELÉCTRICA.

1999c. *Seguimiento de la señalización de la línea eléctrica a 400 kV Valdecaballeros-Guillena*. RED ELÉCTRICA.

1999d. *Identificación de tramos y apoyos de futuras líneas de transporte de electricidad con elevada probabilidad de ocupación de nidos de cigüeña blanca*. RED ELÉCTRICA.

2000a. *Ensayo de nuevos prototipos de medidas disuasoras de la nidificación de cigüeñas sobre apoyos de transporte de electricidad de doble circuito*. RED ELÉCTRICA.

2000b. *Dispositivos disuasores de la nidificación de cigüeñas instalados en apoyos de líneas de transporte de electricidad*. Catálogo de Dispositivos. RED ELÉCTRICA.

2000c. *Seguimiento de la mortalidad de aves en la línea Guadame-Tajo a su paso por la Laguna de Los Jarales*. RED ELÉCTRICA.

2000d. *Seguimiento de la señalización de la línea eléctrica a 400 kV Valdecaballeros-Guillena en periodo invernal*. RED ELÉCTRICA.

2001-2002. *Seguimiento de la nidificación de cigüeñas e instalación de dispositivos disuasores en apoyos de líneas de transporte de electricidad*. RED ELÉCTRICA.

2002-2004. *Uso de subestaciones de transporte de electricidad de Red Eléctrica por el cernícalo primilla (Falco naumanni) en Navarra y Aragón: su importancia para la conservación de la especie a nivel estatal*. RED ELÉCTRICA / Estación Biológica de Doñana (CSIC).

2003. *Seguimiento de la nidificación de cigüeñas e instalación de dispositivos disuasores en apoyos de líneas de transporte de electricidad*. RED ELÉCTRICA.

2004. *Tramos y apoyos de la línea de transporte de electricidad a 400 kV Balboa - Frontera portuguesa con elevada probabilidad de verse ocupados por nidos de cigüeña blanca*. RED ELÉCTRICA.



EDITA:

Red Eléctrica de España S.A.

COORDINACIÓN :

Departamento de Comunicación e Imagen Corporativa de Red Eléctrica

ELABORACIÓN TÉCNICA:

Asistencias Técnicas Clave
Departamento de Medio Ambiente de Red Eléctrica

FOTOGRAFÍAS:

Archivo de Red Eléctrica

DISEÑO GRÁFICO, TRATAMIENTO DE IMAGEN Y MAQUETACIÓN:

ZEN comunicación visual. www.zen.es

IMPRESIÓN:

EPES Artes Gráficas

DEPÓSITO LEGAL:

M-48983-2005





RED ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

Pº del Conde de los Gaitanes, 177
28109 · Alcobendas · Madrid
www.ree.es