

# Cielo Seguro

Buenas prácticas para el resguardo  
de aves en el sector energía.





## Socialización Guía Cielo Seguro

**Buenas prácticas voluntarias para el cuidado de avifauna en proyectos de energía eólica, transmisión eléctrica e iluminación exterior**

Ministerio de Energía  
19 diciembre 2024



- ▭ Desarrollo de proyectos de energía para la descarbonización del país.
- ▭ Aspectos ambientales en la evaluación y desempeño ambiental de proyectos.
- ▭ Involucramiento activo para abordar preocupaciones ambientales.



## Comité de Implementación

### Estrategia Nacional de Conservación de Aves (ENCA)



<https://estrategia-aves.mma.gob.cl/>



- ▭ Amenazas relacionadas con proyectos eólicos, de transmisión, hidroeléctricos y de iluminación ineficiente.
- ▭ Estudios, convenio MMA (2022)
  - A) Metodologías de identificación de rutas migratorias o de vuelo y áreas de relevancia para aves en Magallanes. Link a estudio y anexos: <https://3b9x.short.gy/HpcCCa>
  - B) Análisis de efectividad de medidas de diseño y mitigación de impactos de proyectos eólicos y de transmisión sobre aves y murciélagos. Link a estudio: <https://3b9x.short.gy/S7ZXlq>
  - C) Análisis de efectividad de medidas en proyectos eólicos y de transmisión sobre aves y murciélagos. Link a estudio: <https://3b9x.short.gy/sVnWvn>
- ▭ Conversatorios “Cielo Seguro” 2024



# Comité de Implementación Estrategia Nacional de Conservación de Aves (ENCA).

## ↳ Conversatorios “Cielo Seguro” 2024



Guía que recoja las buenas prácticas presentadas en los conversatorios:

Aves Chile, SAG, Biodiversity Node, Statkraft, Oikonos, MMA, SMA, EcoDiLúmina, ROC (Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile), Peuquitas (fotografías).

# Cielo Séguro

Buenas prácticas para el resguardo  
de aves en el sector energía.



- Buenas prácticas voluntarias.
- Proyectos eólicos, de transmisión eléctrica e iluminación de exteriores.
  - Uso general.
  - Específicas para distintas tecnologías.
- NO ES una guía de medidas.
- NO ES un instrumento regulatorio.



Publicado por el Ministerio de Energía, Gobierno de Chile  
Diciembre, 2024  
Distribución gratuita.

PARA CITAR ESTE DOCUMENTO  
Ministerio de Energía, 2024. Cielo Seguro. Buenas prácticas para el  
resguardo de aves en el sector energía. Chile, XX pp.

SISTEMATIZACIÓN DE CONTENIDO  
Robert Petúpas

EDICIÓN  
Ministerio de Energía, División de Desarrollo de Proyectos, Unidad de  
Proyectos y Medio Ambiente

DISÑO Y DIAGRAMACIÓN  
Leyla Musleh Zaro

IMPRESIÓN  
Valente Impresores Limitada  
Impreso en papel Cocoon 100% Reciclado y Reciclable



Condor (Vultur gryphus) © Tomás Altamirano

## Agradecimientos

Esta guía es el resultado de la sistematización de las experiencias compartidas en el ciclo de conversatorios "Cielo Seguro", organizado por el Comité de Implementación de la Estrategia Nacional de Conservación de Aves (ENCA) y ha sido complementada con información de estudios especializados y otras fuentes de información.

Destacamos a las y los expositores de las distintas sesiones de estos encuentros, provenientes del sector privado, servicios públicos, investigación, consultoría y organizaciones de la sociedad civil: Francisco Santander de Aves Chile; Alejandro Pozo del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG); Cristina Acosta de Biodiversity Node; César Morgado y Daniela Montalva de Statkraft; Valentina Colodro de Oikonos, Jéssica Salas del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Felipe Loaiza de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) y Pedro Sanhueza de EcoDiLúmina, cuyas presentaciones formaron la base de este documento. Igualmente, extendemos nuestro reconocimiento a los presentadores y moderadores del conversatorio: Tomás Altamirano, Coordinador Nacional de la ENCA; Leisy Amaya y Charif Tala del Ministerio del Medio Ambiente e Ivo Tejeda, de la Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile. Agradecemos también al Ministerio del Medio Ambiente por brindar el soporte tecnológico para realizar y transmitir estas sesiones y, especialmente, agradecemos la activa participación del público y la generosa disponibilidad de las y los expositores para contestar las preguntas y profundizar en los temas tratados.

Finalmente, agradecemos a todas y todos quienes amablemente compartieron sus fotografías para utilizarlas en este documento.





# Índice

Presentación	06
Buenas prácticas	08
Buenas prácticas generales	10
Buenas prácticas específicas	20
Proyectos de líneas de transmisión eléctrica	21
Proyectos de energía eólica	25
Proyectos de energía eólica y líneas de transmisión eléctrica	31
Proyectos de iluminación exterior	35
Material complementario	45



Chunchu (*Glaucidium nana*) © Tomás Altamirano

## Presentación

Los proyectos de energía renovable son fundamentales para la transición energética de Chile hacia una matriz eléctrica descarbonizada y son una pieza fundamental para lograr la meta nacional de carbono neutralidad. En los últimos años, el país ha experimentado un desarrollo importante de estas tecnologías, en línea con los desafíos climáticos nacionales e internacionales. Estas iniciativas, no obstante su contribución a la reducción de emisiones, pueden tener otros efectos en los territorios donde se despliegan, donde se encuentran los impactos sobre las aves y sus ecosistemas.

Los proyectos de energía son examinados en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y en esta instancia uno de los aspectos abordados son los efectos que pueden generar sobre la fauna, así como también, los compromisos voluntarios o las medidas que toman para hacerse cargo de aquello. Dentro de estos efectos se encuentra el riesgo de colisión con aerogeneradores, la electrocución en líneas de distribución eléctrica, la afectación del hábitat de las especies, incidiendo sobre las rutas de vuelo, rutas migratorias, reproducción y ali-

mentación, y la contaminación lumínica, especialmente relevante para aves marinas de hábitos nocturnos que se ven desorientadas por la iluminación artificial que se dirige hacia el cielo, lo que provoca confusión y caídas, quedando expuestas a depredadores como perros y gatos, además de poder estar heridas y sin acceso a alimento. La especie o diversidad de ellas que se puede ver afectada en cada caso es variable y depende del tipo de proyecto, su ubicación específica y las especies presentes en el área. Este tipo de efectos también puede afectar a murciélagos, que comparten el espacio aéreo con las aves.

Con el fin de promover la consideración de acciones de probada eficacia para apoyar el desarrollo sustentable del sector, el Ministerio de Energía publica la presente Guía de Buenas Prácticas "Cielo Seguro", cuyo propósito es entregar recomendaciones para la aplicación de buenas prácticas en proyectos de transmisión eléctrica, generación eólica e iluminación exterior, que aporten al resguardo de las aves de posibles impactos negativos.

Esta guía es el resultado principal del Ciclo de Conversatorios "Cielo Seguro", desarrollado durante 2024 y organizado por el Comité de Implementación de la Estrategia Nacional de Conservación de Aves, del cual el Ministerio de Energía forma parte. Estas instancias, realizadas en formato online y transmitidas en directo, permitieron reunir a especialistas nacionales e internacionales que compartieron sus conocimientos y experiencias en la materia, e interactuar con el público conectado a través de los medios digitales. El principal propósito de estos conversatorios fue generar un espacio de diálogo y reflexión sobre la regulación, experiencias, acciones e ideas para abordar los diferentes efectos de los proyectos eléctricos sobre avifauna.

La información obtenida de estos conversatorios fue complementada con las recomendaciones de la Guía para una Iluminación Amigable con Aves Marinas en Chile, desarrollada por Oikónos, la Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC) y la Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile (OPCC). Finalmente, se recogen también

en esta guía los enfoques y prácticas recogidas en estudios desarrollados en 2022 a partir de un convenio de colaboración entre el Ministerio de Energía y el Ministerio del Medio Ambiente.

El presente documento incluye 23 recomendaciones o prácticas para proyectos de transmisión eléctrica, parques eólicos y uso de luminarias en exteriores, que pueden ser de utilidad para guiar el trabajo de titulares de proyectos, servicios públicos y especialistas ambientales. Las prácticas propuestas buscan ser una ayuda para la implementación de la normativa ambiental vigente, así como para desarrollar acciones voluntarias que permitan el cuidado la avifauna. Cada una de estas sugerencias está estructurada en el formato de una ficha técnica y se incluye material complementario al final del documento, para profundizar los temas tratados.

Confiamos en que la Guía Cielo Seguro aporte al resguardo ambiental y el desarrollo sustentable del sector energía.

# Buenas Prácticas

Las acciones, ejemplos, recomendaciones y buenas prácticas recopiladas para esta Guía se presentan en formato de fichas, que proporcionan información concisa y estructurada sobre cada una, incluyendo su descripción, objetivo, resultados esperados, etapa de implementación e información sobre su efectividad, cuando existen estudios y experiencias previas. Se presentan en dos categorías:

#### GENERALES:

abordan prácticas y enfoques de carácter transversal aplicables a diversos tipos de proyectos. Se centran en aspectos organizaciona-

les, de gestión y planificación que sientan las bases para una implementación efectiva de acciones o medidas más específicas.

#### ESPECÍFICAS:

detallan acciones y técnicas concretas para cada tipo de proyecto (energía eólica, líneas de transmisión eléctrica e iluminación exterior). Proporcionan información técnica y operativa más detallada para su implementación.

Las fichas tienen la siguiente estructura:

#### PRÁCTICA X

##### Nombre

<b>DESCRIPCIÓN</b>	Explicación detallada sobre la práctica. Incluye los elementos clave, cómo se implementa y cualquier información relevante sobre su funcionamiento.
<b>OBJETIVOS</b>	Propósitos específicos que se buscan lograr con su implementación.
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	Lista de los efectos concretos que se anticipan al aplicar esta práctica.
<b>ETAPA</b>	Especifica en qué fase del proyecto es más adecuada su implementación (por ejemplo, diseño, construcción, operación, etc.).
<b>EFFECTIVIDAD</b>	Proporciona información sobre el buen funcionamiento de la práctica, incluyendo datos cuantitativos de estudios o experiencias previas cuando se tiene dicha información. Solo se incluye para las medidas específicas.
<b>FUENTES</b>	Presentaciones e informes que se refieren a la práctica donde se puede profundizar sobre ella.

# Buenas Prácticas Generales

Estas medidas se enfocan en aspectos como la estandarización de metodologías, el monitoreo continuo, la capacitación del personal y la colaboración entre distintos actores. Aunque no están dirigidas a resolver impactos específicos, buscan garantizar que las acciones más específicas se implementen de manera correcta y efectiva. Su aplicación sistemática permite generar información comparable entre proyectos, evaluar la efectividad real de distintas acciones implementadas y realizar ajustes para su mejora continua.



## PRÁCTICA 3

### Aplicación de medidas voluntarias

**DESCRIPCIÓN** Implementación de acciones de gestión ambiental, ajustadas a las particularidades de cada proyecto, por parte de las empresas, incluso en proyectos que solo requieren una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), yendo más allá de los requisitos legales mínimos.

**OBJETIVOS** Fomentar una mayor protección ambiental y conservación de las aves en proyectos de energía eléctrica, incluso cuando las regulaciones no lo exigen estrictamente.

**RESULTADOS ESPERADOS**

- > Reducción de mortalidad de aves en proyectos que solo requieren Declaración de Impacto Ambiental (DIA).
- > Mejora en la estimación real de mortalidad de aves al incluir estudios de remoción de carcasas y detectabilidad.
- > Aumento en la precisión de los datos sobre impactos en especies locales.
- > Mayor protección para especies de aves no consideradas inicialmente en la evaluación ambiental.
- > Identificación temprana de medidas efectivas para la protección de aves que podrían incorporarse a futuras regulaciones.

**ETAPA** Diseño de proyectos, proyectos instalados

**FUENTES** CONVERSATORIO 1: Presentación de Francisco Santander (AvesChile).



Chincal (*Zonotrichia capensis*) © Gonzalo Fuster

#### PRÁCTICA 4 Capacitación

**DESCRIPCIÓN** La capacitación consiste en formar al personal involucrado en los proyectos de energía eléctrica en aspectos clave relacionados con las aves. Esto incluye la identificación de especies, manejo adecuado de hallazgos, procedimientos de monitoreo y seguimiento, reconocimiento de situaciones de riesgo, y aplicación de medidas de mitigación. También abarca el conocimiento y aplicación de la normativa vigente y guías relevantes. Se enfatiza la formación continua y actualizada para mantener las competencias necesarias para una gestión ambiental efectiva.

**OBJETIVOS** Mejorar las competencias del personal para una gestión ambiental efectiva en relación a las aves.

**RESULTADOS ESPERADOS**

- > Mejora en la precisión de los datos recolectados sobre impactos en aves.
- > Reducción de errores en la identificación de especies y manejo de hallazgos.
- > Mayor eficacia en la implementación de medidas de mitigación.
- > Mejor cumplimiento de la normativa vigente y guías relevantes.

**ETAPA** Diseño de proyectos, proyectos instalados

**FUENTES**

CONVERSATORIO 1: Presentación de Francisco Santander (AvesChile), presentación de Alejandro Pozo Araya (SAG).

CONVERSATORIO 3: Presentación de Jéssica Salas (MMA), Presentación de Felipe Loaliza (SMA).

#### PRÁCTICA 5

#### Adaptabilidad y evaluación de efectividad

**DESCRIPCIÓN** Para asegurar la efectividad de las medidas de mitigación, es necesario realizar seguimientos periódicos que permitan ajustar las acciones según los resultados. Los planes deben ser flexibles y adaptarse a la evolución de las condiciones y datos obtenidos durante el monitoreo. Es fundamental establecer umbrales de mortalidad claros y definir acciones específicas si estos se superan. Mantenerse actualizado en nuevas medidas y metodologías garantiza la implementación de mejoras continuas en la gestión de impactos.

**OBJETIVOS** Garantizar la efectividad continua de las medidas de mitigación mediante ajustes basados en seguimientos periódicos. Reducir la mortalidad de fauna mediante umbrales claros y acciones específicas al superarlos, incorporando nuevas tecnologías y metodologías para mejorar la gestión ambiental.

**RESULTADOS ESPERADOS**

- > Mayor adaptabilidad de las medidas de mitigación a las condiciones reales del proyecto.
- > Reducción de la mortalidad de fauna mediante ajustes oportunos y específicos.
- > Mejor detección y respuesta ante impactos que superen los umbrales definidos.
- > Incorporación constante de nuevas tecnologías y prácticas más eficientes.
- > Mayor eficacia en la prevención de impactos acumulativos sobre las especies afectadas.

**ETAPA** Diseño de proyectos, proyectos instalados

**FUENTES**

CONVERSATORIO 1: Presentación de Francisco Santander (AvesChile). Conversatorio 2: Presentación de Cristina Acosta Gallo (Biodiversity Node). Conversatorio 3: Presentación de Valentina Colodro (Oikonos), presentación de Pedro Sanhueza (EcoDILúmina).

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022A. Identificación y análisis de efectividad de las medidas de diseño, reparación, mitigación, compensación y/o monitoreo de impactos de proyectos de energía eólica y líneas de transmisión sobre aves y murciélagos.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022B. Revisión bibliográfica y análisis de la efectividad de medidas para disminuir el impacto de la generación eólica y transmisión eléctrica sobre aves y murciélagos.

## PRÁCTICA 8

### Estudios complementarios

**DESCRIPCIÓN** Los estudios complementarios son investigaciones adicionales que se realizan para mejorar la precisión y la comprensión de los impactos de los proyectos de energía eléctrica sobre las aves. Estos incluyen estudios de remoción de carcasas, análisis de sesgos de detección, y conteos de aves en el área del proyecto. Los estudios de remoción de carcasas evalúan cuánto tiempo permanecen las aves muertas en el sitio antes de ser removidas por carroñeros. Los análisis de sesgos de detección determinan la probabilidad de que los observadores encuentren las carcasas durante los monitoreos. Los conteos de aves proporcionan información sobre la abundancia y diversidad de especies en el área del proyecto.

**OBJETIVOS** Mejorar la precisión de las estimaciones de mortalidad de aves causada por colisiones o electrocuciones con infraestructura eléctrica. Proporcionar una base más sólida para la evaluación de impactos y la efectividad de las medidas de mitigación.

**RESULTADOS ESPERADOS**

- > Estimaciones más precisas de la mortalidad real de aves.
- > Mejor comprensión de los factores que influyen en la detección de impactos.
- > Identificación más precisa de especies en riesgo y áreas problemáticas.
- > Evaluación más precisa de la efectividad de las medidas de mitigación.
- > Mejora en la toma de decisiones para la gestión adaptativa de los proyectos.

**ETAPA** Diseño de proyectos, proyectos instalados

**FUENTES**

CONVERSATORIO 1: Presentación de Francisco Santander (AvesChile), presentación de Alejandro Pozo Araya (SAG). Conversatorio 2: Presentación de Cristina Acosta Gallo (Biodiversity Node).

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022A. Identificación y análisis de efectividad de las medidas de diseño, reparación, mitigación, compensación y/o monitoreo de impactos de proyectos de energía eólica y líneas de transmisión sobre aves y murciélagos.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022B. Revisión bibliográfica y análisis de la efectividad de medidas para disminuir el impacto de la generación eólica y transmisión eléctrica sobre aves y murciélagos.



Diucon (Kaimia pyrope) © Ximena Vilches

## Buenas Prácticas Específicas

Son aquellas diseñadas para abordar directamente los efectos particulares que los distintos tipos de proyectos energéticos pueden tener sobre las aves. Esta sección se ha organizado según el tipo de proyecto (líneas de transmisión eléctrica, parques eólicos y proyectos con iluminación exterior), y algunas son aplicables a más de un tipo de proyecto. A diferencia de la categoría anterior, están orientadas a la acción directa. Cuando está disponible, se incluye en la ficha información sobre su efectividad basada en experiencias previas.

## Líneas de transmisión eléctrica

### PRÁCTICA 9

#### Dispositivos anti-colisión en líneas de transmisión eléctrica

<b>DESCRIPCIÓN</b>	Corresponde a la instalación de dispositivos diseñados para aumentar la visibilidad de los cables, especialmente el cable de guardia, en las líneas de transmisión eléctrica. Estos dispositivos pueden incluir: <ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Aumento del diámetro del cable de guardia: utilizar cables de guardia con un diámetro mayor a 16 mm, preferiblemente mayor a 20 mm, para aumentar su visibilidad.</li><li>&gt; Balizas o boyas: esferas de colores llamativos que se colocan en los cables.</li><li>&gt; Desviadores de vuelo tipo "flapper": dispositivos con aletas móviles que aumentan la visibilidad y crean movimiento.</li><li>&gt; Cintas o abrazaderas reflectantes: elementos que reflejan la luz para aumentar la visibilidad.</li></ul>
<b>OBJETIVOS</b>	Reducir significativamente las colisiones de aves con las líneas de transmisión eléctrica al aumentar su visibilidad, especialmente en condiciones de baja luminosidad o para especies con limitada percepción de obstáculos.
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Disminución sustancial de la mortalidad de aves por colisión con líneas eléctricas.</li><li>&gt; Reducción del impacto sobre poblaciones de aves migratorias y locales.</li><li>&gt; Menor interferencia con rutas de vuelo de las aves.</li></ul>
<b>ETAPA</b>	Diseño de proyectos y proyectos instalados
<b>EFFECTIVIDAD</b>	Estudios han demostrado una reducción en la mortalidad de aves de entre el 50 % y el 94 %, con un promedio del 78%. Los dispositivos tipo "flapper" han mostrado ser particularmente efectivos, con una reducción de la mortalidad de hasta el 70,2 %. El aumento del diámetro del cable de guardia, especialmente cuando se combina con dispositivos anti-colisión, puede disminuir significativamente la mortalidad de aves.
<b>FUENTES</b>	CONVERSATORIO 1: Presentación de Francisco Santander (AvesChile), presentación de Alejandro Pozo Araya (SAG). MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022A. Identificación y análisis de efectividad de las medidas de diseño, reparación, mitigación, compensación y/o monitoreo de impactos de proyectos de energía eólica y líneas de transmisión sobre aves y murciélagos. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022B. Revisión bibliográfica y análisis de la efectividad de medidas para disminuir el impacto de la generación eólica y transmisión eléctrica sobre aves y murciélagos.

## PRÁCTICA 10

### Diseño anti-electrocución en líneas de distribución eléctrica

**DESCRIPCIÓN** Esta práctica implica modificaciones en el diseño y configuración de las líneas de distribución eléctrica para prevenir la electrocución de aves. Incluye:

- > Aumento de la distancia entre conductores: separar los cables conductores a una distancia mínima de 4,85 m, con algunos proyectos proponiendo distancias de hasta 6,0 m.
- > Aislamiento de conductores: recubrir los cables conductores con material aislante, especialmente en puntos críticos como conexiones y transformadores.
- > Diseño de crucetas seguras: utilizar configuraciones que aumenten la separación vertical entre el conductor y la cruceta, o diseños que sitúen los conductores por debajo de la cruceta.
- > Uso de aisladores suspendidos: implementar aisladores colgantes en lugar de aisladores rígidos para aumentar la distancia entre el conductor y la estructura de soporte.
- > Instalación de elementos anti-percha: colocar dispositivos que impidan que las aves se posen en las zonas de mayor riesgo de las estructuras. Considerar anti-perchas con peinetas flexibles, que evitan que las aves se enganchen.

**OBJETIVOS** Reducir significativamente el riesgo de electrocución de aves en líneas de distribución eléctrica, especialmente para especies de mayor tamaño como aves rapaces.

**RESULTADOS ESPERADOS**

- > Disminución sustancial de la mortalidad de aves por electrocución.
- > Reducción del impacto sobre poblaciones de aves rapaces y otras especies susceptibles.
- > Menor interferencia con el funcionamiento de la red eléctrica debido a electrocuciones.

**ETAPA** Diseño de proyectos y modificación de proyectos instalados.

**FUENTES**

CONVERSATORIO 1: Presentación de Francisco Santander (AvesChile), presentación de Alejandro Pozo Araya (SAG).

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022A. Identificación y análisis de efectividad de las medidas de diseño, reparación, mitigación, compensación y/o monitoreo de impactos de proyectos de energía eólica y líneas de transmisión sobre aves y murciélagos.







## Proyectos de energía eólica

### PRÁCTICA 11

#### Implementación de protocolos de actuación para aerogeneradores de alto riesgo

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<p>Corresponde al establecimiento de procedimientos específicos para identificar y manejar aerogeneradores que presentan un alto riesgo de colisión para las aves y murciélagos. El protocolo incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Criterios claros para identificar aerogeneradores problemáticos (por ejemplo, número de colisiones o especies afectadas).</li> <li>&gt; Paradas cautelares en caso de colisiones de especies protegidas o amenazadas.</li> <li>&gt; Análisis de causas de las colisiones.</li> <li>&gt; Propuesta e implementación de medidas de mitigación específicas.</li> <li>&gt; Restricciones temporales o permanentes de operación según la gravedad del impacto.</li> <li>&gt; Monitoreo continuo y evaluación de la efectividad de las medidas implementadas.</li> <li>&gt; Aumento de la velocidad de arranque (para murciélagos)</li> </ul>
<b>OBJETIVOS</b>	<p>Reducir significativamente la mortalidad de aves y murciélagos en aerogeneradores identificados como de alto riesgo, mientras se mantiene la operatividad del parque eólico en su conjunto.</p>
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Disminución sustancial de la mortalidad en aerogeneradores específicos.</li> <li>&gt; Mejor protección de especies amenazadas o protegidas.</li> <li>&gt; Mejora en la comprensión de los factores que contribuyen a las colisiones.</li> <li>&gt; Desarrollo de medidas de mitigación más efectivas y específicas.</li> <li>&gt; Optimización del funcionamiento del parque eólico en términos de producción energética y conservación de la biodiversidad.</li> </ul>
<b>ETAPA</b>	<p>Proyectos instalados</p>
<b>EFFECTIVIDAD</b>	<p>En España, la implementación de protocolos de detención programada de turbinas ha logrado reducciones significativas en la mortalidad de aves. Por ejemplo, en parques eólicos de Cádiz, se logró una reducción del 61.7% en la mortalidad general de aves y un 92.8% en la mortalidad de buitres leonados, con una pérdida de producción energética inferior al 0.51%.</p>
<b>FUENTES</b>	<p>PRESENTACION DE CRISTINA ACOSTA GALLO (Biodiversity Node).          MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022a. Identificación y análisis de efectividad de las medidas de diseño, reparación, mitigación, compensación y/o monitoreo de impactos de proyectos de energía eólica y líneas de transmisión sobre aves y murciélagos.          MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022b. Revisión bibliográfica y análisis de la efectividad de medidas para disminuir el impacto de la generación eólica y transmisión eléctrica sobre aves y murciélagos.</p>

#### PRÁCTICA 14

### Sistemas operacionales basados en imágenes o sistemas de detección visualvisual

<b>DESCRIPCIÓN</b>	Estos sistemas utilizan cámaras que capturan imágenes en tiempo real y las procesan mediante software especializado para detectar la presencia de aves cerca de las turbinas eólicas. Algunos sistemas, como DTBird, pueden detener automáticamente las turbinas cuando detectan aves en situación de riesgo. Existen variantes que incluyen sistemas de disuasión por sonido (DTBird Dissuasion). Las cámaras pueden ser de luz visible o infrarroja, permitiendo la operación diurna y nocturna. Otros sistemas disponibles son: Biodiv-Wind, Spoor, Identiflight, DI-GISEC.
<b>OBJETIVOS</b>	Reducir las colisiones de aves con las turbinas eólicas mediante la detección visual en tiempo real y la activación de medidas preventivas como la detención de turbinas o la emisión de sonidos disuasorios.
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Reducción significativa de la mortalidad de aves por colisión con turbinas eólicas.</li><li>&gt; Mejor capacidad de respuesta ante la presencia de aves en zonas de riesgo.</li><li>&gt; Posibilidad de recopilar datos visuales sobre el comportamiento de las aves cerca de las turbinas.</li></ul>
<b>ETAPA</b>	Operación
<b>EFFECTIVIDAD</b>	El sistema DTBird ha mostrado una tasa de detección entre 76-96% en estudios realizados. Sin embargo, la efectividad puede variar según las condiciones climáticas y la visibilidad. La eficacia de los módulos de disuasión sonora no ha sido completamente validada.
<b>FUENTES</b>	MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022A. Revisión bibliográfica y análisis de la efectividad de medidas para disminuir el impacto de la generación eólica y transmisión eléctrica sobre aves y murciélagos.

#### PRÁCTICA 15

### Disuasores en aerogeneradores

<b>DESCRIPCIÓN</b>	Los disuasores son dispositivos o sistemas diseñados para mantener a las aves alejadas de las turbinas eólicas. Pueden ser visuales (como luces o láseres) o auditivos (como llamadas de alarma o sonidos de pirotecnia). También existen disuasores ultrasónicos, aunque su uso está más enfocado en murciélagos. Estos dispositivos pueden activarse de forma automática mediante sistemas de detección o ser controlados manualmente.
<b>OBJETIVOS</b>	Reducir el riesgo de colisión de aves con turbinas eólicas al desalentar su aproximación a las áreas de peligro.
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Disminución del número de aves que se acercan a las zonas de riesgo alrededor de las turbinas.</li><li>&gt; Reducción potencial de la mortalidad de aves por colisión con aerogeneradores.</li><li>&gt; Menor interferencia con la operación normal del parque eólico en comparación con los sistemas de detención de turbinas.</li></ul>
<b>ETAPA</b>	Operación
<b>EFFECTIVIDAD</b>	La eficacia de los disuasores es limitada y variable según la especie. Los disuasores auditivos pueden ser efectivos por periodos cortos en ciertas especies, pero su efectividad disminuye con el tiempo debido a la habituación de las aves. Los disuasores láser se han considerado útiles principalmente para especies de actividad nocturna.
<b>FUENTES</b>	CONVERSATORIO 2: Presentación de Cristina Acosta Gallo (Biodiversity Node), presentación de César Morgado y Daniela Montalva (Statkraft Chile). MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022A. Revisión bibliográfica y análisis de la efectividad de medidas para disminuir el impacto de la generación eólica y transmisión eléctrica sobre aves y murciélagos.



Aerogeneradores © Rodrigo Silva

## PRÁCTICA 17

### Manejo del hábitat para aves rapaces y carroñeras

**DESCRIPCIÓN** Esta medida implica la modificación del hábitat dentro y alrededor de los parques eólicos o líneas de transmisión para reducir su atractivo para aves rapaces y carroñeras, disminuyendo así el riesgo de colisiones. Incluye:

- > Remoción de carroña: retirar sistemáticamente los animales muertos del área del proyecto y sus alrededores para evitar atraer aves carroñeras.
- > Modificación de la vegetación: gestionar la vegetación cercana a las estructuras para reducir la presencia de presas y minimizar los sitios de percha naturales.
- > Creación de hábitats alternativos: mejorar o crear hábitats atractivos para las aves rapaces fuera de las zonas de riesgo.

**OBJETIVOS** Reducir la atracción de aves rapaces y carroñeras hacia las áreas de alto riesgo de colisión, disminuyendo así la mortalidad de estas especies en parques eólicos y líneas de transmisión.

**RESULTADOS ESPERADOS**

- > Disminución significativa de la presencia de aves rapaces y carroñeras en áreas de alto riesgo.
- > Reducción de la mortalidad por colisiones con aerogeneradores y líneas eléctricas.
- > Menor interferencia con las operaciones del proyecto debido a la presencia de aves.
- > Preservación de poblaciones locales de aves rapaces y carroñeras.
- > Mitigación de impactos indirectos en el ecosistema al mantener las poblaciones de depredadores.

**ETAPA** Proyectos instalados (operación), aunque algunas medidas pueden planificarse en la etapa de diseño.

**EFFECTIVIDAD** La remoción de carroña ha demostrado ser muy efectiva, con estudios que muestran una reducción de hasta el 85 % en la mortalidad de aves carroñeras. La efectividad de las medidas de manejo del hábitat varía según la especie y el contexto local. También puede variar dependiendo de la cooperación con los predios que rodean los parques, ya que el esfuerzo debe ser conjunto para mantener la efectividad a largo plazo.

**FUENTES**

CONVERSATORIO 1: Presentación de Francisco Santander (AvesChile). Conversatorio 2: Presentación de Cristina Acosta Gallo (Biodiversity Node).

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022A. Identificación y análisis de efectividad de las medidas de diseño, reparación, mitigación, compensación y/o monitoreo de impactos de proyectos de energía eólica y líneas de transmisión sobre aves y murciélagos.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE ENERGÍA, 2022B. Revisión bibliográfica y análisis de la efectividad de medidas para disminuir el impacto de la generación eólica y transmisión eléctrica sobre aves y murciélagos.





## Proyectos de iluminación exterior

### PRÁCTICA 18

#### Selección de luminarias adecuadas

<b>DESCRIPCIÓN</b>	La selección adecuada de luminarias implica elegir aquellas que minimicen los impactos sobre la biodiversidad, especialmente las aves marinas, mientras cumplen con los requisitos técnicos y normativos señalados en el DS N°1/2022 del MMA. Esto incluye: <ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Selección de luminarias certificadas por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).</li><li>&gt; Uso de luminarias con radiancia espectral que cumpla la norma (máx. 1% entre 380-499 nm en áreas de protección especial y máx. 7% en el resto del país).</li><li>&gt; Selección de luminarias con temperatura de color correlacionada (TCC) baja (<math>\leq 2700\text{K}</math>, preferentemente ámbar).</li><li>&gt; Uso de filtros espectrales cuando sea necesario, por ejemplo, en luminarias LED.</li><li>&gt; Instalación de luminaria respetando el ángulo de instalación señalado en los certificados.</li><li>&gt; Consulta con asesores técnicos especializados en proyectos de iluminación exterior sustentable.</li></ul>
<b>OBJETIVOS</b>	Reducir el impacto de la iluminación artificial sobre las aves marinas y la biodiversidad en general, cumpliendo a la vez con los requerimientos técnicos y normativos para la iluminación exterior.
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Disminución de la atracción y desorientación de aves marinas por las luces artificiales.</li><li>&gt; Reducción de eventos de colisión y caídas de aves marinas.</li><li>&gt; Mejora en la calidad del cielo nocturno.</li><li>&gt; Cumplimiento de la normativa vigente sobre contaminación lumínica.</li></ul>
<b>ETAPA</b>	Diseño de proyectos nuevos y recambio de luminarias en proyectos existentes.
<b>EFFECTIVIDAD</b>	La selección adecuada de luminarias es una medida fundamental para reducir los impactos sobre las aves marinas. Estudios han demostrado que el uso de luces con espectro adecuado puede reducir significativamente las caídas de aves.
<b>FUENTES</b>	CONVERSATORIO 3: Presentación de Jéssica Salas (MMA), presentación de Felipe Loaiza (SMA).

## PRÁCTICA 19

### Diseño de iluminación exterior eficiente

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<p>El diseño de iluminación artificial eficiente busca optimizar el uso de la luz artificial, minimizando su impacto negativo. Incluye los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Dirección de la luz: usar luminarias que dirijan la luz hacia abajo y eviten la emisión hacia el cielo.</li><li>&gt; Ángulo de iluminación exterior: instalar luminarias en ángulo recto, evitando que se eleve por sobre el plano horizontal.</li><li>&gt; Factor de utillancia: maximizar la proporción de luz que llega a la zona útil a iluminar.</li><li>&gt; Focalización de luz: concentrar la iluminación exterior solo en áreas necesarias.</li><li>&gt; Ajuste de intensidad: usar la mínima intensidad requerida para cada propósito, privilegiando la uniformidad del alumbrado, no sobrepasando los niveles indicados en las normas de iluminación exterior vigentes según sus tipologías.</li><li>&gt; Control del brillo: evitar superficies muy reflectantes y regular el brillo de pantallas o letreros luminosos.</li><li>&gt; Uso de deflectores o viseras: para controlar la dirección y dispersión de la luz.</li></ul>
<b>OBJETIVOS</b>	<p>Reducir la contaminación lumínica y el impacto sobre la fauna, especialmente aves marinas, mientras se mantiene una iluminación artificial funcional y segura para las actividades humanas.</p>
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Disminución de la dispersión de luz hacia el cielo nocturno.</li><li>&gt; Reducción de la atracción de aves marinas hacia fuentes de luz artificial.</li><li>&gt; Menor interferencia con los patrones de comportamiento natural de la fauna.</li><li>&gt; Mejora en la eficiencia energética de los sistemas de iluminación.</li></ul>
<b>ETAPA</b>	<p>Diseño de proyectos y modificación de instalaciones existentes.</p>
<b>EFFECTIVIDAD</b>	<p>Un diseño de iluminación exterior eficiente puede reducir significativamente el impacto sobre las aves marinas y otras especies, al tiempo que mejora la calidad de la iluminación artificial para usos humanos.</p>
<b>FUENTES</b>	<p>CONVERSATORIO 3: Presentación de Valentina Colodro (Oikonos), presentación de Jéssica Salas (MMA), presentación de Felipe Loaiza (SMA), presentación de Pedro Sanhueza (EcoDiLumina).</p>

## PRÁCTICA 20

### Implementación de sistemas de control del alumbrado exterior

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<p>La implementación de sistemas de control permite regular la iluminación artificial de manera dinámica, ajustándola a las necesidades reales y minimizando su impacto. Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Iluminación artificial adaptativa: sistemas que ajustan la intensidad según el uso o condiciones del entorno.</li><li>&gt; Restricciones horarias: programación de apagado o reducción de intensidad en horas específicas.</li><li>&gt; Sensores de movimiento: activación de iluminación exterior solo cuando se detecta presencia humana.</li><li>&gt; Temporizadores: control automático de encendido y apagado según horarios preestablecidos.</li><li>&gt; Sistemas de control centralizado: gestión remota de múltiples luminarias.</li><li>&gt; Reducción de flujo: disminución programada de la intensidad lumínica en ciertos periodos.</li></ul>
<b>OBJETIVOS</b>	<p>Optimizar el uso de la iluminación artificial, reduciendo su impacto sobre la fauna (especialmente aves marinas) y el consumo energético, mientras se mantiene la funcionalidad necesaria.</p>
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; Reducción de periodos de exposición de la fauna a iluminación artificial innecesaria.</li><li>&gt; Disminución de eventos de desorientación y colisión de aves marinas.</li><li>&gt; Mejora en la calidad del cielo nocturno durante periodos de baja actividad humana.</li><li>&gt; Ahorro energético y reducción de costos operativos.</li></ul>
<b>ETAPA</b>	<p>Diseño de proyectos y modificación de instalaciones existentes.</p>
<b>EFFECTIVIDAD</b>	<p>Los sistemas de control pueden reducir significativamente el impacto de la iluminación artificial sobre la fauna y el ambiente, al limitar su uso a los momentos y niveles estrictamente necesarios.</p>
<b>FUENTES</b>	<p>CONVERSATORIO 3: Presentación de Valentina Colodro (Oikonos), presentación de Pedro Sanhueza (EcoDiLumina).</p>



### PRÁCTICA 23

## Monitoreo y evaluación de impactos en proyectos de iluminación exterior

**DESCRIPCIÓN** Esta medida se enfoca en el seguimiento continuo de los efectos de la iluminación artificial sobre las aves marinas y otras especies sensibles. Incluye:

- > Implementación de protocolos estandarizados de monitoreo de aves marinas afectadas.
- > Cuantificar aves marinas caídas.
- > Evaluación periódica del funcionamiento y estado de las luminarias instaladas.
- > Seguimiento de la efectividad de las medidas de mitigación implementadas.
- > Análisis de datos de largo plazo para detectar patrones y tendencias.
- > Ajuste adaptativo de las medidas de mitigación según los resultados del monitoreo.
- > Colaboración con instituciones científicas y organizaciones de conservación.
- > Siempre que sea posible, realizar medición de la calidad del cielo nocturno en la zona de interés, idealmente con equipos estelares calibrados de tipo bidireccionales, por ejemplo, cámaras de todo el cielo, o mediante el procesamiento de imágenes satelitales.

**OBJETIVOS** Evaluar la efectividad real de las medidas de mitigación implementadas y detectar oportunamente impactos no previstos para poder ajustar las estrategias de manejo.

**RESULTADOS ESPERADOS**

- > Mejor comprensión de los impactos reales de la iluminación artificial sobre las aves marinas.
- > Detección temprana de problemas no anticipados en la fase de diseño.
- > Mejora continua en las estrategias de mitigación.
- > Generación de información valiosa para futuros proyectos y políticas públicas.

**ETAPA** Operación de proyectos, con preparación desde la fase de diseño.

**EFFECTIVIDAD** Si bien el monitoreo por sí solo no reduce los impactos, es fundamental para evaluar la efectividad de otras medidas y permite realizar ajustes que pueden tener un alto impacto positivo.

**FUENTES** CONVERSATORIO 3: Presentación de Valentina Colodro (Oikonos).





Tucúquere (Bubo magellanicus) © Gonzalo Fuster

## Material complementario

En esta sección se presentan recursos adicionales para profundizar en los temas tratados en la guía. Se incluyen los enlaces a las grabaciones de los conversatorios "Cielo Seguro", que aportan valiosas discusiones y experiencias prácticas, así como referencias a informes técnicos, guías y normativa relevante. Este material complementario permite acceder a información más detallada sobre la implementación de las medidas propuestas y mantenerse actualizado sobre las mejores prácticas para la protección de las aves en proyectos de energía eléctrica.

### Conversatorios Cielo Seguro



1. Líneas de transmisión y distribución de energía:  
<https://www.youtube.com/watch?v=avOCm3EqCKw&t=5s>



2. Parques eólicos:  
<https://www.youtube.com/watch?v=WFYUZ79yce8&t=11s>



3. Contaminación lumínica:  
<https://www.youtube.com/watch?v=OoCYaOtLpG0>



## Socialización Guía Cielo Seguro

**Buenas prácticas voluntarias para el cuidado de avifauna en proyectos de energía eólica, transmisión eléctrica e iluminación exterior**

Ministerio de Energía  
19 diciembre 2024